

**PERFIL MICROBIOLÓGICO (HONGOS Y BACTERIAS) DE LA LLUVIA
HORIZONTAL EN LA REGIÓN DEL SALTO DEL TEQUENDAMA Y SU
RELACIÓN CON LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL LOCAL**

CINDY KRYSTLE RUIZ FONSECA

**UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO
AMBIENTE**

INGENIERÍA AMBIENTAL

BOGOTÁ D.C.

AGOSTO, 2016

PERFIL MICROBIOLÓGICO SALTO DEL TEQUENDAMA2

**PERFIL MICROBIOLÓGICO (HONGOS Y BACTERIAS) DE LA LLUVIA
HORIZONTAL EN LA REGIÓN DEL SALTO DEL TEQUENDAMA Y SU
RELACIÓN CON LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL LOCAL**

POR:

CINDY KRYSTLE RUIZ FONSECA

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERA AMBIENTAL

DIRECCIÓN

CAROLINA RUBIANO LABRADOR

Microbióloga Industrial, Ph.D Ciencias Biológicas

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA

**ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO
AMBIENTE**

INGENIERÍA AMBIENTAL

AGOSTO, 2016

BOGOTÁ D.C.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo quiero dedicar este trabajo al padre celestial quien me ha guiado en el camino y me ha levantado cuando tropiezo. A mi hijo Juan José Useche Ruiz quien es el motivo por el cual sigo a delante.

Cindy Ruiz

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que de uno u otro modo ayudaron a la realización de este trabajo, en especial a mi Directora de Trabajo de Investigación Carolina Rubiano Labrador por su gran disponibilidad y dedicación. A mi familia, por la paciencia y el apoyo que me brindaron incondicionalmente.

RESUMEN

Existen diferentes medios de propagación de contaminación, uno de ellos es el aire troposférico, que influye en la respiración humana, y es comúnmente denominado como **bioaerosoles**, que constituyen un medio de dispersión perfecto de las esporas de hongos y bacterias que sobreviven en la atmósfera a lo largo de un transporte vertical y horizontal debido a la influencia química de la atmósfera, así como a los cambios de temperatura y humedad producto del cambio climático.

La concentración biológica por exposición, causa efectos negativos en los ecosistemas y la salud humana, pues son innumerables las enfermedades graves que se producen, y van desde las respiratorias, del sistema nervioso central, sistémicas así como múltiples alergias las cuales han sido documentadas en diferentes casos en todo el mundo.

Teniendo en cuenta que la población colombiana no es ajena a presentar exposición de contaminantes por bioaerosoles, se realizó esta investigación en el área del Salto Hidráulico de la Región del Tequendama pues la caída natural de agua contaminada del Río Bogotá presenta las condiciones para que se puedan desarrollar problemas en la salud pública por la exposición de los bioaerosoles.

Para el desarrollo de este estudio se tomaron muestras en el mes de octubre de 2015 en 8 puntos ubicados a lo largo de esta zona, bajo la técnica de sedimentación en placa, estas se analizaron en laboratorio encontrando que la carga microbiana es mayor en los puntos en donde se presentan fenómenos de lluvia horizontal y cercanía a la fuente de contaminación que para el caso es el Río Bogotá, con valores más bajos en las zonas lejanas y apartadas de la fuente.

Dentro de los microorganismos encontrados se identificaron cepas de patógenos bacterianos como *Shewanella putrefaciens*, *Staphylococcus sp.*, *Brevundimonas vesicularis*, *Weeksella virosa* *Bacillus sp.*, *Empedobacter brevis*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Acinotobacter lwoffii* y fúngicos potencialmente patógenos como *Varicosporium sp.* y *Bipolaris sp.* Los cuales pueden ser los causantes de muchas de las afecciones de salud en lo relacionado a problemas respiratorios, dérmicos y gástricos reportados en la región del Salto de Tequendama.

ABSTRACT

They are different the means of spread of contamination, one of them is the tropospheric air involved in ordinary human breathing mind called bioaerosols, which are a perfect means of dispersal of spores of fungi and bacteria that survive in the atmosphere along a vertical and horizontal transport due to chemical influence of the atmosphere, as well as changes in temperature and humidity caused by climate change.

Given that the Colombian population is not unrelated to exposure of contaminants present bioaerosols. This study analyzed the concentration of microbiota in 8 points of the region Leaping Tequendama for the month of October 2015 which by their environmental conditions presents the conditions that may develop problems in public health from exposure of bioaerosoles present in the natural waterfall (Waterfall) Bogota River located between the municipalities of Soacha and San Antonio del Tequendama.

For the development of this study samples they were taken in 8 points located along this area under the sedimentation plate which were analyzed in the laboratory and found that the microbial load is higher in the points where phenomena of horizontal rain and closeness are presented to the source were taken of pollution to the case is the Bogota River, with lower values in distant or remote areas of the source. Microorganisms found in strains of bacterial pathogens such as *Shewanella putrefaciens*, *Staphylococcus sp.*, *Brevundimonas vesicularis*, *Weeksella virosa*, *Empedobacter brevis*, *Bacillus sp.*, *Stenotrophomonas maltophilia*, and *Acinotobacter lwoffii* and potentially fungal pathogens as *Bipolaris sp.* And *Varicosporium sp.*, which can be identified causing many of the health conditions related to breathing, skin and stomach problems reported in the region of Salto de Tequendama.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN

ABSTRACT

1.	INTRODUCCIÓN.....	12
2.	MARCO TEORICO	13
2.1	Lluvia Horizontal	14
2.2	Estudio Microbiológico del Aire.	14
2.3	Toma de Muestras Microbiológicas del Aire.....	17
2.3.1	Técnica De Sedimentación Por Gravedad	17
2.4	Salto del Tequendama.....	17
3.	OBJETIVOS	18
	Objetivo General	18
	Objetivos Específicos	19
4.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
4.1	Diseño de la Investigación	20
4.1.1	Población de Estudio y Muestra	20
4.1.2.	Diagnóstico o Síntesis Ambiental.....	21
4.2	Métodos	22
4.2.1	Recolección de las Muestras.....	22
4.2.2	Recuento De Comunidades Bacterianas De Los Puntos De Muestreo.....	27
4.2.3	Aislamiento de Bacterias y Hongos.....	27
4.3	Caracterización Fenotípica De Las Bacterias Y Hongos.....	28
4.3.1.	Descripción Macroscópica	28
4.3.2.	Morfología Microscópica	28
4.3.3.	Coloración de Gram para las bacterias aisladas	28
4.3.4.	Coloración de Azul de Lacto Fenol.....	29
4.4.	Identificación De Las Bacterias y Hongos Aislados.....	29
4.4.1.	Identificación de Bacterias Aisladas.....	29
4.4.2.	Identificación De Hongos Aislados	32

PERFIL MICROBIOLÓGICO SALTO DEL TEQUENDAMA8

5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
5.1.	Humedad Relativa.....	34
5.1.1	Temperatura	35
5.1.2	Precipitación	36
5.2	Recuentos	37
5.3	Caracterización Fenotípica e Identificación de Las Cepas Muestreadas	40
5.3.1	Identificación de Cepas Bacterianas Aisladas	43
5.3.1.1	Bacterias Encontradas y Sus Efectos	47
5.3.2	Identificación de cepas de hongos Aislados	48
3.2.1	Hongos Encontrados y sus efectos	53
5.3	Situación Actual en Soacha y San Antonio del Tequendama.....	55
6.	CONCLUSIONES.....	58
7.	RECOMENDACIONES	59
8.	BIBLIOGRAFÍA	60

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Delimitación del Área de Influencia del Proyecto	21
Ilustración 2 Ubicación Puntos de Muestreo 1,2,3 y 4 Municipio San Antonio del Tequendama.....	24
Ilustración 3Ubicación Puntos de Muestreo 5,6,7 y 8 Municipio de Soacha.....	24
Ilustración 4Ubicación Total de Puntos de Muestreo.....	25
<i>Ilustración 5 Recolección de Muestras en la Vereda Cubzio</i>	26
Ilustración 6 Incubación Inicial de Muestras.....	27
Ilustración 7 Morfología Bacteria Gram + con bacilos alargados.....	29
Ilustración 8 Kit BBL Crystal Usado para la Identificación de Bacterias.....	30
Ilustración 9 Tabla de Viraje Kit BBL Crystal Usado para la Identificación de Bacterias..	30
Ilustración 10 Esquema Procedimiento usado para el método BBL Crystal.....	31
Ilustración 11 Ejemplo de codificación de perfil BBL Crystal	31
Ilustración 12 Formato BBL Crystal	31
Ilustración 13Mapa de Puntos de Muestreo	33
Ilustración 14 Mapa de Humedad Relativa - Municipios Soacha- San Antonio del Tequendama.....	34
Ilustración 15 Mapa Temperatura Promedio Municipios de Sacha - San Antonio del Tequendama.....	36
Ilustración 16 Mapa Precipitación Promedio Municipios de Sacha - San Antonio del Tequendama.....	37
Ilustración 17 Distribución de UFC en los 8 Puntos de Muestreo	39
Ilustración 18 Cultivo de la bacteria identificada con el código P1-2.....	43
Ilustración 19 Distribución de Bacterias Aisladas a Nivel de Filum.....	46
Ilustración 20Distribución de las Bacterias a Nivel de Clase.....	46
Ilustración 21 Cepas Bacterianas Aisladas	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 22 Siembra de Hongos por picadura con asa recta.....	48
Ilustración 23 Distribución de Hongos a nivel de Filum.....	52
Ilustración 24 Porcentaje de Abundancia fúngica	53
Ilustración 25 Estructura Microscópica Bipolaris sp.....	54
Ilustración 26 Estructura Microscópica Blastomyces sp.....	54
Ilustración 27 Estructura Microscópica Varicosporium sp	55

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.Descripción De Los Puntos De Muestreo	23
Tabla 2 Informe de Resultados de Recuento de Unidades Formadoras de Colonia.....	38
Tabla 3 Relación De Cepas Aisladas Por Punto De Muestreo	40
Tabla 4 Caracterización Fenotípica de cepas Bacterianas Aisladas	41
Tabla 5 Identificación BBL de cepas Bacterianas Aisladas	44
Tabla 6 Caracterización Fenotípica de Hongos Aislados	48
Tabla 7 Identificación Fenotípica de Hongos.....	51

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Cadena De Custodia Punto # 1	63
Anexo 2 Cadena De Custodia Punto # 2	64
Anexo 3 Cadena De Custodia Punto # 3	65
Anexo 4 Cadena De Custodia Punto # 4	66
Anexo 5 Cadena De Custodia Punto # 5	67
Anexo 6 Cadena De Custodia Punto # 6	68
Anexo 7 Cadena de Custodia Punto # 7	69
Anexo 8 Cadena de Custodia Punto # 8	70

1. INTRODUCCIÓN

El estudio de la contaminación ambiental se ha convertido en uno de los factores más importantes de las últimas décadas, debido a que el deterioro de los ecosistemas, las comunidades han sufrido un efecto adverso sobre la salud.

La obligatoria relación entre el ambiente físico y la salud ha sido reconocida desde tiempos inmemoriales. Sin embargo, con el crecimiento poblacional y económico, los factores sociales y de producción del planeta han afectado nuestros hábitats de manera considerable, dejando como resultado fuentes hídricas contaminadas, fuentes de aire infecciosas y contaminadas, así como suelos estériles requiriendo abordar el tema de manera integral entre el ambiente físico y el social.

La contaminación, tanto en espacios interiores como al aire libre, constituye un grave problema de salud medioambiental que afecta a los países desarrollados y en desarrollo por igual. Siendo la contaminación atmosférica una fuente de riesgo medioambiental para la salud, se estima que causa alrededor de dos millones de muertes prematuras al año en todo el mundo (Organización Mundial de la Salud, 2006), por la acumulación de contaminantes (químicos y/o biológicos) dispersos en el aire, suelo y agua (Vullo, 2003); la afectación a los ecosistemas ha generado problemas en la salud pública y entre muchos otros la pérdida del paisaje natural y alteraciones de los ciclos biológicos.

En la actualidad la contaminación del ambiente es considerada como un “serio problema”, que incluye varios aspectos de la salud pública (Cortés, 2003). Los microorganismos de importancia biológica, ya que son causantes de enfermedades humanas y animales pueden ser transportados y dispersados fácilmente en el aire.

La atmósfera no tiene una microbiota autóctona, los microorganismos pueden ser transportados rápidamente en forma de bioaerosoles, a través de grandes distancias por acción del movimiento del viento y la humedad (Rosa & C., 2002), de esta problemática surge el tema principal de la presente investigación; teniendo en cuenta que Colombia no es ajena a la contaminación atmosférica ambiental y que hay pocas investigaciones que se han realizado sobre el tema, se toma como estudio de caso el Río Bogotá saturado de contaminantes industriales y domésticos en donde se esperaría encontrar gran número de bacterias y hongos patógenos, representando un problema de salud pública que ponen en riesgo la población que está asentada a sus alrededores (González G. R., 2012).

El diagnóstico del Río Bogotá en los estudios relacionados con el POMCA (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, 2006), indican que la carga contaminante del cuerpo hídrico está generando afectaciones socio-ambientales como la proliferación de vectores, olores ofensivos por eutrofización.

De manera individual se han realizado estudios de la carga microbiana presente en el río, pero no se ha realizado aún, una investigación puntual, considerando la interrelación de las variables que traen el componente aire y agua, enmarcado en la lluvia horizontal cuyo fenómeno principal se presenta en el resalto hidráulico denominado Salto del Tequendama.

La lluvia horizontal en esta zona, de acuerdo a su vegetación y las condiciones hidroclimáticas, se extienden por un sector que abarca áreas comerciales y turísticas que podrían estar alterados y por supuesto afectados por la carga contaminante contenida en el ambiente atmosférico en la región del Salto del Tequendama.

De esta manera, esta propuesta se enmarca en el establecimiento de un perfil microbiológico, haciendo énfasis en bacterias y hongos, para la subregión del Salto del Tequendama y su relación con la contaminación ambiental local, en relación a las áreas rurales de Cusio y El Charquito de los municipios de San Antonio del Tequendama y Soacha.

2. MARCO TEORICO

2.1 Lluvia Horizontal

Dentro del estudio de la lluvia horizontal o precipitación horizontal, aparece la importancia de diferenciar varios conceptos que podrían llevar a equívoco, lo cual en el sentido que orienta (Santamarta, 2010). El término *niebla* hace referencia a una suspensión de gotas de agua muy pequeñas, en la atmósfera, cerca de la superficie del suelo, que reducen la visibilidad a menos de un kilómetro de distancia.

Esta niebla, en función de la visibilidad, puede clasificarse de neblina a bruma. Las gotas que caen de una cascada o resalto hidráulico son de mayor tamaño que en el caso anterior, y se convierten en lluvia horizontal cuando en su trayectoria interceptan una cadena montañosa o relieve, como es el caso del Santo del Tequendama.

El lavado del aire por la lluvia termina rápidamente con el proceso de dispersión, siendo diez veces más eficiente que la sedimentación y la impactación. Su eficacia está en función del radio de las gotas de lluvia y de las velocidades terminales de la gota y de la partícula. El tamaño óptimo de las gotas de lluvia es el mismo para todos los tamaños de partículas, y se ha calculado menor de 2 mm (Starr J. R., 1966).

De acuerdo al IDEA (2012), en el aumento de la humedad relativa y la velocidad del aire, son frecuentes los fenómenos de condensación o precipitación horizontal, que produce lluvias locales significativas con valores que pueden superar los 300 mm anuales, influenciando este fenómeno, las diferencias de temperatura y humedad entre estos dos tipos de alisios es lo que provoca la llamada inversión térmica, lo que quiere decir que no siempre a mayor altitud hay más frío o más humedad.

2.2 Estudio Microbiológico del Aire.

La aparición, en 1976 en Filadelfia, de una epidemia de una enfermedad respiratoria denominada «de los legionarios» y el conocimiento posterior de una nueva bacteria (*Legionella pneumophila*) como agente etiológico y de su transmisión por aerosoles procedentes del aire acondicionado, supuso un resurgimiento del estudio de los microorganismos que se transmiten por el aire (Fraser, 1977).

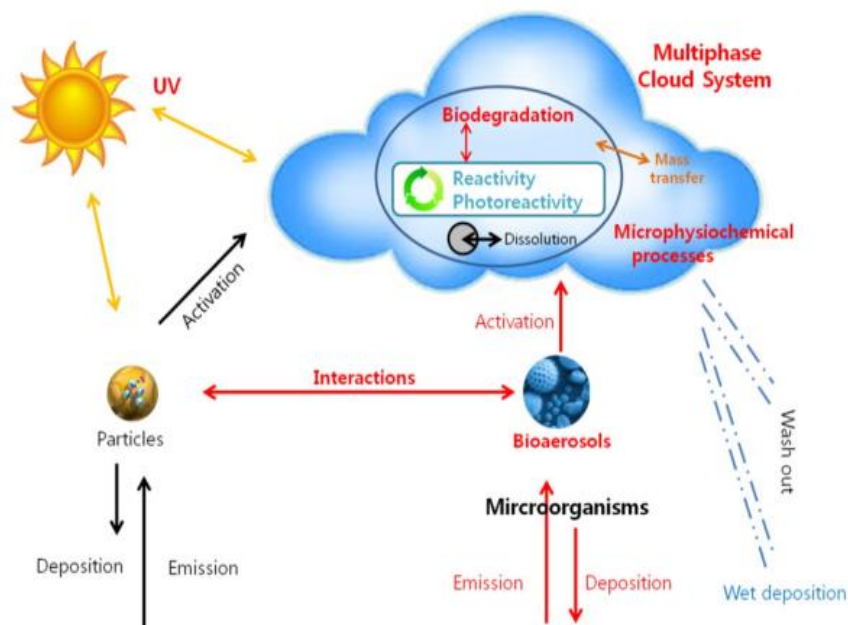
Desde entonces el estudio microbiológico del aire ha ido aumentando sobre todo en empresas dedicadas a la fabricación de alimentos, productos farmacéuticos y hospitales, a lo largo del siglo XX el interés por el estudio de la microbiota del aire ha sido variable sin embargo en

esta última década ha surgido la Aerobiología y un desarrollo de la actividad investigativa de este campo.(Rosa & C., 2002)

La década de los años cincuenta se caracterizó por la aparición de una ciencia multidisciplinar, la Aerobiología, en la que se estudian los microorganismos del aire desde todos sus aspectos: identidad, comportamiento, movimientos y supervivencia, así como sus implicaciones con otros microorganismos, el hombre, los animales y la vegetación. Uno de sus principales cultivadores fue Philip Gregory, botánico inglés que durante más de veinte años realizó numerosas investigaciones sobre la propagación de esporas de los hongos, así como cursos monográficos especializados.

La calidad del aire, entendida como el conjunto de condiciones ambientales de un aire seguro es una temática relativamente nueva, y por lo tanto ha sugerido que los contaminantes presentes en la atmósfera pueden ocasionar efectos en la salud a corto y largo plazo; dependiendo de la exposición a la fuente contaminada y la posibilidad de transmisión que depende de la resistencia de cada individuo a los microorganismos. En el Esquema I se pueden ver los efectos de los bioaerosoles en la atmósfera.

Esquema 1 Efectos de los Bioaerosoles en la Atmósfera



Fuente(Keunje Yoo, 2016)

Las fuentes de microorganismos son diversas e incluyen fuentes artificiales y naturales. Sin embargo, la transmisión de estos se realiza desde un ambiente específico con condiciones climáticas de tiempo y espacio definido, ya que estas pueden transmitirse desde fuentes

contaminadas en el suelo, las fuentes hídricas y las actividades industriales, etc., dando lugar a grandes cantidades de material biológico en suspensión en la atmósfera.

Estudios realizados han estimado que entre el 18% y el 80% de las emisiones atmosféricas presentan aerosoles biológicos (Jaenicke, 2005) que varían en tamaño: hongos 1 a 30 micras de diámetro, bacterias de 0,25 a 8 μ m y virus con 0,3 μ m de diámetro presentes en diferentes alturas al nivel del mar (Keunje Yoo, 2016).

Los microorganismos en el aire son muy difíciles de evaluar con precisión debido a las condiciones de campo y a la eficiencia en la recolección de las muestras (Keunje Yoo, 2016). Se han realizado estudios sobre bioaerosoles y cuantificación en placa del crecimiento de virus, bacterias y hongos. Sin embargo, estos estudios se han centrado en las concentraciones y estructuras de las comunidades (Aaron J, 2016) sin darle la relevancia en el estudio de la calidad del aire microbiológico como factor esencial de salud pública.

En Colombia, las investigaciones en el área de Aerobiología se han enfocado principalmente en agentes microbiológicos contaminantes para hospitales, ya que las aerobacterias están estrechamente relacionadas con las enfermedades nosocomiales consideradas como un importante problema de salud. Una investigación realizada en el Hospital Fernando Troquini de Santa Marta, indicó que grandes concentraciones de bioaerosoles respirables en las unidades de cuidado intensivo, incrementa la probabilidad que los pacientes asistidos contraigan enfermedades nosocomiales (Vélez Andrés, 2014).

Sin embargo, son muy pocas las investigaciones de la Aerobiología en contexto propiamente ambiental y su relación con contaminación ambiental local. En el año 2010, se realizó una investigación en el Relleno Sanitario de Palangana sobre la distribución espacio temporal de las aerobacterias en diferentes zonas de este de este relleno. Los resultados obtenidos mostraron que en las zonas de mayor concentración de descomposición de materia orgánica como la piscina de lixiviados se presentan cantidades considerables de bioaerosoles que al dispersarse por la acción del viento pueden ser inhaladas y causar enfermedades y alergias a los residentes de las zonas aledañas a la relleno sanitario (Velez Andres, 2010). Dentro de los microorganismos reportados en este estudio se encuentran *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas* sp., *Aspergillus* sp., y *Fusarium* sp., de los cuales se han reportado enfermedades respiratorias como asma, bronquitis, pulmonías, neumonías afectando especialmente las vías respiratorias, y otras patologías como infecciones cutáneas. En las plantas, se han reportado microorganismos como *Agrobacterium* sp, que produce toxinas, las cuales generan efectos biológicos y patológicos en los diferentes cultivos (Mendez, 2015).

Para el caso de la presente investigación, en el municipio de Soacha no se tienen registros bibliográficos que determinen que se han realizado investigaciones microbiológicas del aire. Según el Diagnóstico Nacional de Salud Ambiental de 2012 se enfatiza en temas de contaminación atmosférica, los datos presentados corresponde a contaminación por olores

ofensivos, material particulado y compuestos aromáticos volátiles pero no comprende el estudio de aerobiología. Teniendo en cuenta este contexto, es de gran importancia dar los primeros pasos en la investigación de bacterias y hongos presentes en el aire, relacionados con la contaminación ambiental local.

2.3 Toma de Muestras Microbiológicas del Aire

Los primeros métodos de muestreo de aire ya fueron recogidos por Miquel y Cambert (1901), las técnicas actuales son diversas, la sedimentación en medio sólido, la filtración y el borboteo son los más importantes y utilizados.

2.3.1 Técnica De Sedimentación Por Gravedad

El método de sedimentación en placa Petri ha sido el más ampliamente utilizado desde 1887. Las placas con medio de cultivo estéril, permanecen abiertas durante determinados períodos de tiempo, permitiendo la sedimentación de los microorganismos. Este método es sencillo y económico. Tiene la ventaja de que se pueden identificar de los cultivos los microorganismos viables. La deposición varía con el tamaño y forma de los microorganismos, la velocidad y la turbulencia del aire (Rosa & C., 2002).

2.3.2. Técnica de Filtración

El método de filtración se realiza a través de equipos portátiles con filtros de fibra de vidrio de 0,01 y 10 micras por atracción electrostática la cual tiene una bomba de vacío con un flujo de aire de 1 a 50 litros por minuto. El borboteo en líquido o “trampa líquida”, la cual consiste en pasar aire mediante un aspirador, a través de un medio de cultivo sólido retiene los microorganismos, el cual después puede ser usado para ser analizado (Rosa & C., 2002).

Debido a que no hay una técnica de muestreo ideal que abarque todas las necesidades de análisis, para realizar la selección se debe considerar si lo que se desea es identificar los microorganismos o cuantificarlos para elegir el más adecuado (Rosa & C., 2002).

2.4 Salto del Tequendama

El Científico alemán Alexander von Humboldt recorrió Colombia en el siglo XIX, entre sus innumerables viajes en Agosto 26 de 1801 visitó el Salto del Tequendama el cual documentó

en los extractos de sus viajes como un lugar majestuoso ubicado en un valle rocoso en donde el aire puede recoger gran cantidad de agua “*un espectáculo extraño pero infinitamente bello*” (Palacios. M, 2016).

Una de las estructuras económicas más importantes del país se encuentra situada sobre la cuenca del Rio Bogotá, debido a la gran producción industrial y al crecimiento poblacional, la presión sobre el río creció exponencialmente desde los años 70. Las malas prácticas han generado problemas hidráulicos y grandes impactos ambientales que han generado diversas afectaciones a los pobladores. En el siglo XX se construyó el Embalse del Muña para almacenar las aguas de la microcuenca del Rio Bogotá y generar energía aprovechando la caída de agua del Salto del Tequendama por parte de la empresa EMGESA. La construcción de la hidroeléctrica trajo consigo un cambio en el caudal ecológico de la zona del salto, ya que dependiendo de la demanda energética se abren las compuertas que permiten el descenso del agua contaminada a lo largo del río, la cual entra en contacto con el aire tras la caída generado fuertes olores y vectores que afectan a los pobladores.

Dentro de los impactos ambientales generados se pueden describir:

- Cambio en el uso del recurso agrícola- industrial por los altos niveles de contaminación.
- Cambio en el caudal por inundación de la Represa del Muña que ha producido grandes niveles de eutrofización y poca autoregeneración de la fuente.
- Distorsiones del caudal ecológico con afectación de fauna y flora
- Cambios en el paisaje y habitat de especies
- Contaminación de las fuentes hídricas cercanas que reciben la carga contaminante del Rio Bogotá.

3. OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar e identificar microorganismos mesófilos presentes en el aire de la lluvia horizontal en la región del Salto del Tequendama, su relación con la contaminación ambiental local y

sus posibles afectaciones para la salud de las veredas Charquito y Cubsio, respectivamente.

Objetivos Específicos

- Identificar los microorganismos recuperados de la lluvia horizontal de la zona de estudio a partir de la toma de muestras *in- situ*.
- Caracterizar el comportamiento hidrológico general de la lluvia horizontal en el sector del Salto del Tequendama a partir de información secundaria.
- Establecer el efecto y correlación entre los microorganismos identificadas con los datos de salud pública de la zona.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Diseño de la Investigación

La investigación se desarrolló bajo la combinación de estudios descriptivos y correlacionales, ya que el propósito de este estudio fue describir situaciones y eventos relacionados con fenómenos de contaminación ambiental en donde se describió el procedimiento utilizado tanto en la toma de muestras, como en la identificación de especies bacterianas y de hongos evaluando su comportamiento en la contaminación ambiental local del área de influencia del Salto del Tequendama en los municipios de Soacha y San Antonio del Tequendama.

Como complemento, se recurrió a un estudio correlacional el cual contribuyó a dar respuesta a las preguntas de investigación formuladas. Las cepas de hongos y bacterias aisladas se tomaron como variable independiente, mientras que la lluvia horizontal como fenómeno ambiental se tomó como la variable dependiente en este estudio; esto con el fin de correlacionar el comportamiento de las variables.

4.1.1 Población de Estudio y Muestra

La población de estudio son los microorganismos presentes en veredas del Charchito y Cubsio de los municipios de Soacha y San Antonio del Tequendama. Estas dos veredas hacen parte de la cuenca del Río Bogotá en el área de influencia directa del proyecto con proximidad al Salto del Tequendama; el cual es usado por la multinacional EMGESA para la generación de energía; teniendo a su cargo la custodia y seguridad de los predios que comprenden el área de influencia de la hidroeléctrica.

Las estaciones de generación de energía allí ubicadas a mediados de los años 80s crearon oportunidades de trabajo, lo que conllevó a que se constituyeran asentamientos de familias enteras que conviven a diario con olores ofensivos y contaminantes volátiles provenientes del recurso hídrico altamente contaminado que puede ser el transmisor de diferentes enfermedades en la población.

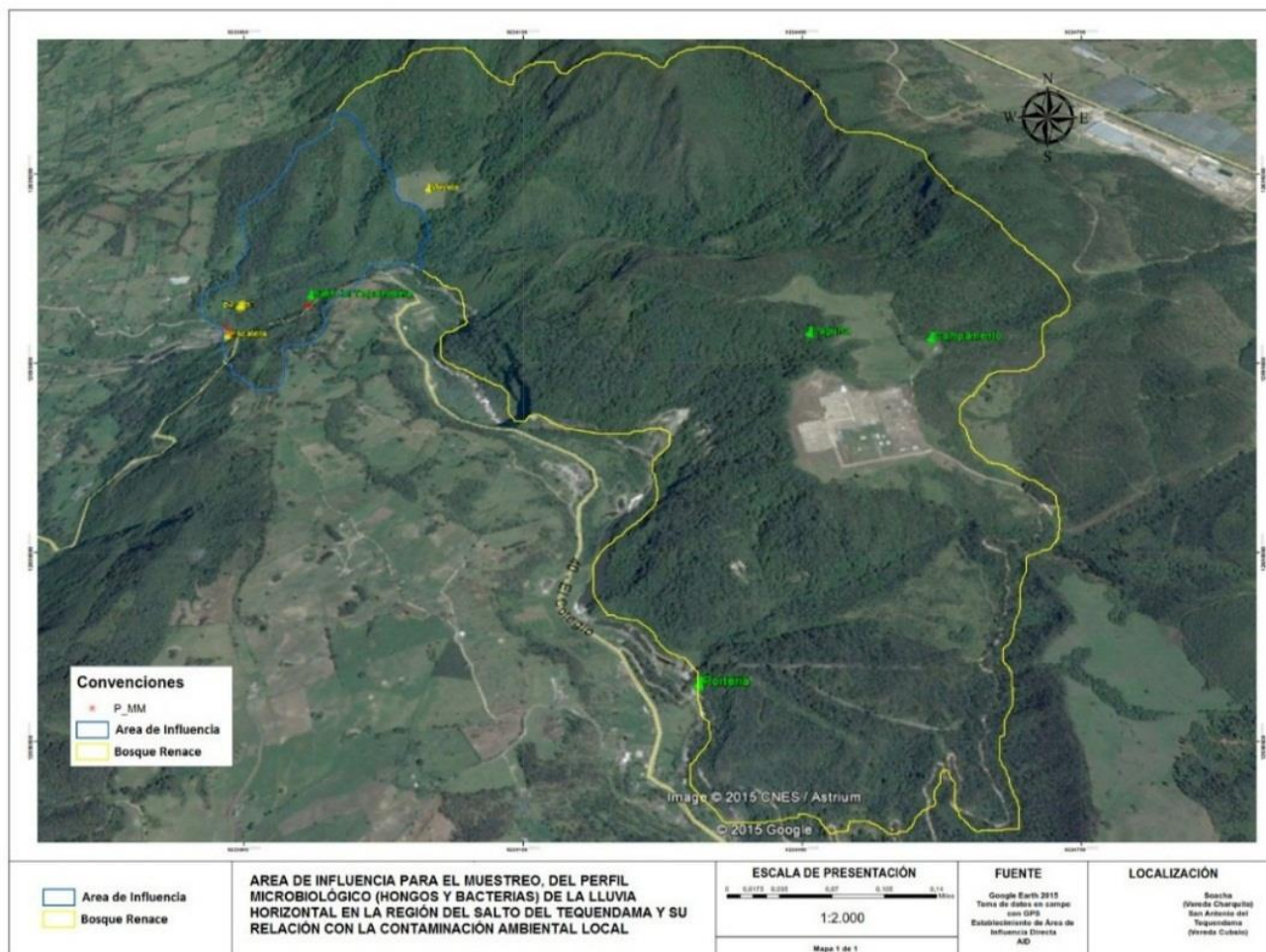
Se realizó el desplazamiento en varias oportunidades a la zona del Salto del Tequendama, con el fin de establecer y reconocer los puntos de muestreo más representativos permitiendo coordinar toda la logística y preparar adecuadamente la toma de muestra.

De acuerdo a este antecedente, se tomaron como referencia estos 2 puntos de muestreo como principales y otros 5 más a lo largo de la rivera del río, en donde hubiesen asentamientos humanos y tránsito permanente de personas con el fin de evaluar el contacto directo con los microorganismos, establecido en el área de influencia del proyecto la cual se muestra en la Ilustración 1.

PERFIL MICROBIOLÓGICO SALTO DEL TEQUENDAMA21

Adicionalmente, se tuvo cuenta un Punto Blanco denominado así por ser un punto de toma de muestra alejado del área de influencia de la fuente contaminada ubicado en el Bosque Renace jurisdicción de EMGESA.

Ilustración 1. Delimitación del Área de Influencia del Proyecto



Ubicación general de puntos de muestreo sobre el área de influencia del Salto del Tequendama

Fuente, Autora 2016

4.1.2. Diagnóstico o Síntesis Ambiental

La Formación geológica Tequendama es una de las más antiguas de Colombia, conocido como un levantamiento Orogénico de montaña da origen a la caída de agua de 157 metros Inmersa en un Bosque de Niebla de gran importancia ecológica por su biodiversidad y riqueza en fauna y flora, como regulador del ciclo hídrico, captador de gases efecto

invernadero y estabilizador del clima. Aunque esta zona es una de las más bellas de Cundinamarca también es una de las más amenazadas, ya que es uno de los puntos de la cuenca baja del Río Bogotá que presenta gran carga de desechos biológicos e industriales líquidos tóxicos para la salud y el ambiente, acumulados por las cuencas Alta y Media que atraviesan los municipios de la Sabana de Bogotá y Bogotá.

El estado ha hecho esfuerzos por tratar las aguas residuales de Río Bogotá, pero estos se han quedado cortos, pues la capacidad de las PTAR'S es baja y la eficiencia en los sistemas de tratamiento no es óptima, lo que hace que el agua del río que llegan a los municipios de Soacha y San Antonio del Tequendama se encuentre con altas cargas de materia orgánica que al estar presentes en el medio ambiente como bioaerosoles pueden presentar un riesgo a la salud humana en particular a personas inmunodeprimidas que pueden sufrir de alergias, enfermedades respiratorias, digestivas, bacterianas y virales. Estudios en el campo de la medicina han dado como resultado que la exposición a bioaerosoles biológicos con altas concentraciones de hongos y bacterias puede conducir a enfermedades graves incluso la muerte (Walser, 2015).

En la actualidad en la zona del Tequendama hay una gran cantidad de pobladores y trabajadores a la fuente contaminada, incluso hay presencia de viviendas e instalaciones de EMSA a menos de 10 metros de la fuente como se puede evidenciar con los puntos de muestreo lo que genera riesgo a la salud por exposición por bioaerosoles. Sumado a esta condición hay proliferación insectos, aves carroñeras, roedores sin control. Esto no solo causa enfermedades a sus pobladores si no también molestias a nivel social disminuyendo su calidad de vida, pues muchas afecciones sufridas por los pobladores de la zona están relacionadas a problemas respiratorios, digestivos y dérmicos.

4.2 Métodos

4.2.1 Recolección de las Muestras

La toma de muestras en los puntos seleccionados se realizó en un solo día bajo condiciones atmosféricas favorables. La recolección de muestras se realizó forma puntual en los 8 puntos de muestreo establecidos a lo largo del área de influencia directa teniendo en cuenta que los puntos no tuviesen una fuente de contaminación atmosférica fija (por ejemplo, chimeneas) o móvil, así como obstáculos físicos que pudiera cambiar las condiciones del viento habituales de la zona.

Los permisos para el ingreso a las instalaciones de EMGESA (Bosque Renacer y la Hidroeléctrica) se tramitaron para el día 15 de Octubre de 2015, fecha en la cual las compuertas del salto hidráulico del Río Bogotá estaban abiertas, lo que permitió evaluar de

PERFIL MICROBILÓGICO SALTO DEL TEQUENDAMA²³

forma directa la incidencia de la lluvia horizontal generada por la caída del agua sobre los puntos de muestreo.

Los 8 puntos de muestreo están ubicados sobre el Río Bogotá: cuatro puntos aguas abajo, luego del resalto hidráulico, ubicados en la vereda el Charquito del Municipio de Soacha, y cuatro puntos localizados en la vereda Cubsio de San Antonio del Tequendama. La descripción de los puntos de muestreo se presenta en la Tabla 1.

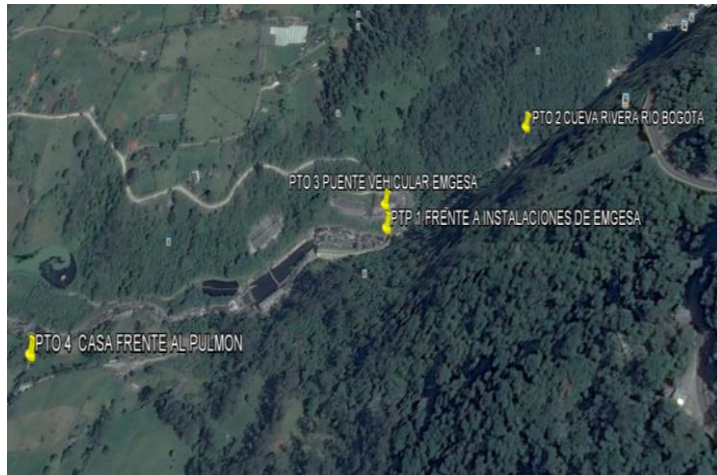
Tabla 1.Descripción de los Puntos de Muestreo

SITIO	CÓDIGO	PUNTO DE MUESTREO	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	
			N	W
MUNICIPIO - SAN ANTONIO DEL TEQUENDAMA	Punto 1	Frente a instalaciones de EMGESA	4°34'55.01"	74°18'24.02"
	Punto 2	Cueva , rivera rio Bogotá	4°35'0.39"	74°18'14.89"
	Punto 3	Puente vehicular EMGESA	4°34'56.87"	74°18'24.07"
	Punto 4	Casa frente al pulmón	4°34'49.21"	74°18'42.30"
MUNICIPIO - SOACHA	Punto 5	Museo Salto Del Tequendama	4°34'34.44"	74°17'48.03"
	Punto 6	Punto blanco Bosque Renacer	4°33'48.22"	74°17'10.24"
	Punto 7	Casa Entrada Bosque Renacer	4°33'56.95"	74°17'23.52"
	Punto 8	Colegio Charquito	4°32'48.69"	74°16'36.47"

Fuente, Autora 2016

PERFIL MICROBIOLÓGICO SALTO DEL TEQUENDAMA24

Ilustración 2. Ubicación Puntos de Muestreo 1,2,3 y 4 Municipio San Antonio del Tequendama



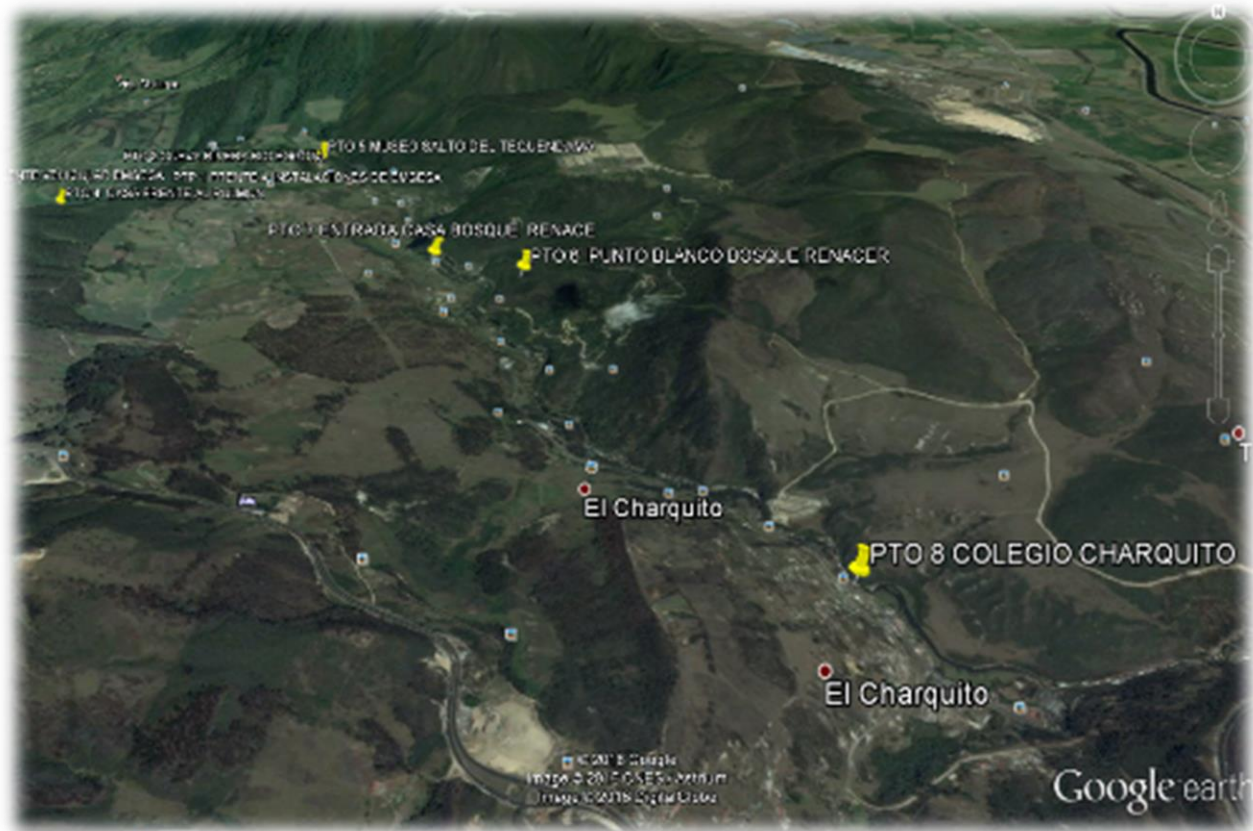
Fuente, Google Earth Junio 2016

Ilustración 3. Ubicación Puntos de Muestreo 5,6,7 y 8 Municipio de Soacha



Fuente, Google Earth Junio 2016

Ilustración 4. Ubicación Total de Puntos de Muestreo



Fuente, Google Earth Junio 2016

Las muestras se rotularon (Ilustración 5b) y tomaron bajo la técnica de Muestreo Ambiental de Sedimentación por Gravedad, (Ilustración 5a), que ha sido utilizado ampliamente desde 1887. Esta técnica consiste en la exposición de placas de Petri con agar estéril para la identificación de hongos (Agar Sabouraud) y para bacterias (Agar Nutritivo), durante un tiempo determinado de 20 minutos permitiendo la sedimentación de microorganismos. Este método tiene la facilidad de ser económico y eficaz ya que se puede usar en tiempo real ya que no requiere un equipo para su uso (Rosa & C., 2002).

Como herramienta de campo para la toma de muestras se usaron 2 tubos de PVC que soportaron las cajas en cada punto para la toma muestras ambientales en donde el tiempo de exposición fue de 15 minutos a 2 metros del suelo en cada punto instalado, con medios de cultivo estériles para el crecimiento de hongos (Agar Sabouraud) y bacterias (Agar Nutritivo), teniendo en cuenta las condiciones medioambientales y climáticas favorables para el crecimiento como: Velocidad del viento, Temperatura, Humedad Relativa (Bovallius A., 1978).

Las muestras se transportaron hacia el Laboratorio Multipropósito 407 de la Sede Nacional José Celestino Mutis de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, en una nevera sin hielo a temperatura ambiente, limpia y desinfectada para evitar la contaminación cruzada.

En campo, para el registro de los datos se tomó cadenas de custodia para cada punto de muestreo, registrando datos como: Identificación del punto de muestreo, la hora y fecha del muestreo, condiciones atmosféricas, presencia o ausencia de viviendas y condiciones ambientales presentes (Anexo 1).

Ilustración 5. Recolección de Muestras en la Vereda Cusbio



4.2.2 Recuento de Comunidades Bacterianas del los Puntos de Muestreo

Los recuentos bacterianos se realizaron en el laboratorio ANALQUIM LTDA, el cual cuenta con certificaciones de calidad y acreditación por el IDEAM. Para el análisis de las muestras el laboratorio utilizó la metodología de recuento de bacterias. Las cajas de Petri (con los respectivos medios) que se expusieron en los diferentes puntos de muestreo se incubaron durante 48 h horas para bacterias y 5 días para hongos. Finalizado el tiempo de incubación se procedió a realizar el recuento de colonias para cada uno de los puntos de muestreo analizados.

4.2.3 Aislamiento de Bacterias y Hongos

Para el aislamiento de bacterias y hongos, las cajas de Petri expuestas en cada punto de muestreo se incubaron a 37°C para las cajas que contenían Agar Nutritivo (bacterias) y 24°C para las cajas que contenían Agar Saboureaud (hongos) todas las muestras se incubaron durante 3 días.

Ilustración 6. Incubación Inicial de Muestras



Fuente, Autora 2016

Una vez se evidenció crecimiento en los medios utilizados para las muestras analizadas, se procedió a realizar el aislamiento de las colonias que se observaron mediante el método de Siembra por Agotamiento que consistió en tomar una pequeña porción de la cepa bacteriana con una asa estéril, con la cual se realizó una estría en la superficie de un agar también estéril con el fin de que se realizara un crecimiento puro de esa muestra en una caja sin otros microorganismos y posteriormente se realizaron pases sucesivos de las colonias observadas hasta obtener cultivos axénicos (Ilustración 7). Las cepas obtenidas finalmente se codificaron de acuerdo al punto de muestreo y al número de colonia, por ejemplo “P3-1”, en donde P3 es el punto 3 (Puente Vehicular EMGESA) y 1 es el número de colonia identificado.

Los hongos se aislaron mediante la siembra por punción a con asa recta en donde se tomó una porción del hongo y se introdujo por picadura a Agar Sabouraud inocuo, con un flameo permanente con el fin de no contaminar la muestra. Este procedimiento se realizó con pases de 1 individuos por caja de Petri. Las placas se incubaron temperatura ambiente duran 7 días. Una vez se evidencio el crecimiento se realizó la identificación microscópica y macroscópica.

4.3 Caracterización Fenotípica De Las Bacterias Y Hongos

Las cepas aisladas se caracterizaron fenotípicamente evaluando características macroscópicas, morfología con coloración de Gram para Bacterias y con claves dicotómicas para Hongos.

4.3.1. Descripción Macroscópica

La mayoría de las bacterias se multiplicaron rápidamente, y se pudieron visualizar fácilmente ya que fueron sembradas en Agar Nutritivo Solido, a las colonias se les tomo el tamaño en milímetros, los bordes que podían ser circulares, irregulares o filamentosos, la elevación de la colonia plana, acuminada o convexa , así como el color de cada colonia.

4.3.2. Morfología Microscópica

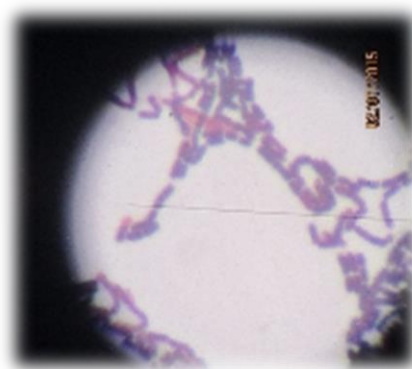
Para el estudio de la morfología de las cepas de bacterias y hongos aislados se empleó un microscopio óptico (OLYMPUS CH30), que permitió determinar la forma de las células, coloración de Gram o Azul de lactofenol, movilidad y presencia de esporas.

4.3.3. Coloración de Gram para las bacterias aisladas

Para las cepas bacterianas aisladas se realizó la coloración de Gram, ver (Ilustración 7) que permite clasificarlas bacterias en Gram positivas y Gram Negativas. La coloración se realizó siguiendo el protocolo descrito por Gram-Hucker en 1965. (Wang H, 2004). Con el mechero encendido se tomo un portaobjetos limpio y desinfectado, se tomo una o dos gotas de la muestra extendiéndola con uniformidad sobre el portaobjetos, se fijo la muestra. Posteriormente, se agrego con cristal violeta dejándolo actuar durante 1 minuto, luego se añadió el lugol dejándolo actuar por 1 minutos, posteriormente se decoloro con alcohol acetona durante 15 s y finalmente se adicionó fucsina dejándola actuar por 30 s. La coloración de las bacterias dependerá de las características de su pared celular, y se consideraran Gram positivas a las que se visualizan de color morado, mientras que las Gram negativas se visualizan de color rojo o grosella.

Se utilizaron *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* como controles de la tinción. Las cepas de los controles se obtuvieron de la colección de microorganismos de la Pontificia Universidad Javeriana.

Ilustración 7. Morfología Bacteria Gram postiva con bacilos alargados



Fuente, Autora 2016

4.34. Coloración de Azul de Lactofenol para los Hongos Aislados

Para los hongos aislados se realizó la tinción de azul de lactofenol, que es una coloración simple que emplea un colorante (Azul de Lactofenol) que permite identificar los componentes y estructuras fúngicas de los hongos (González M. S., 2011). Para realizar la tinción de los hongos aislados en este estudio se tomó un trozo de cada uno de ellos con cinta adhesiva transparente de (1 cm²) y se colocó en contacto con una gota de azul de lactofenol, previamente agregada a la lámina portaobjetos. Las láminas se observaron al microscopio en el objetivo de 40x.

4.4. Identificación de las Bacterias y Hongos Aislados

4.4.1. Identificación de Bacterias Aisladas.

La identificación de las bacterias aisladas se realizó utilizando el kit de identificación bacteriano BBL Crystal (*Becton, Dickinson and company*) (Ilustración 9). El sistema BBL Crystal para la identificación de bacterias, es un método de identificación en miniatura que utiliza sustratos convencionales, que son degradados y metabolizados por los microorganismos (Elizabeth Minogue, 2015).

Ilustración 8. Kit BBL Crystal Usado para la Identificación de Bacterias



Fuente, Autora 2016

El kit contiene 20 pruebas las cuales contienen en la tapa 29 substratos deshidratados con controles fluorescentes (colores de viraje), 20 Fluidos inocuos que se utilizan para ser inoculados con el microorganismo y luego llenar los pocillos y 20 pocillos de la base, los cuales entraran en contacto con las tapas de substratos que entran en viraje luego de 24 horas. El kit posee una tabla de colores para codificación numérica, la cual usa un perfil de 10 dígitos (Ilustración 10) como base de identificación y para el registro de los datos se cuenta con un Cuadernillo.

Ilustración 9. Tabla de Viraje Kit BBL Crystal Usado para la Identificación de Bacterias



Fuente, Autora 2016

Una vez obtenidas las muestras puras, se tomó una porción de estas y se introdujeron en los tubos de ensayo con agar nutritivo líquido estéril presentes en el kit, se agitaron durante 10 a 15 segundos con el fin de diluir las cepas, una vez diluidas se vertieron en las cajas de identificación bioquímica rotuladas. En la Ilustración 12 se evidencia el esquema de procedimiento usado con el método BBL Crystal.

Ilustración 10. Esquema Procedimiento usado para el método BBL Crystal



Fuente, Protocolo Sistemas de Identificación BBL Crystal ID, 2013

Para la incubación se dejaron las cajas ó paneles en una incubadora a temperatura de a 37°C grados centígrados por 24 horas. Luego del periodo de incubación se realizó la lectura de las cajas de identificación bioquímicas, teniendo como base la planilla de color de reacciones de BBL Crystal. Las reacciones se anotaron en las planillas respectivas para cada teniendo en cuenta la tabla de colores suministrada por el Kit.

Para determinar la codificación de cada reacción, se utilizó un control negativo de fluorescencia, en donde se relaciona como negativo las reacciones bioquímicas que no presentan el color determinado en la tabla de colores del Kit se relacionan como negativos. Posteriormente cada columna recibe un valor de acuerdo a las calificaciones positivas el cual se totaliza como denominador ver (Ilustración 13) así se obtienen en total 10 dígitos como perfil BBL Crystal (Ilustración 14).

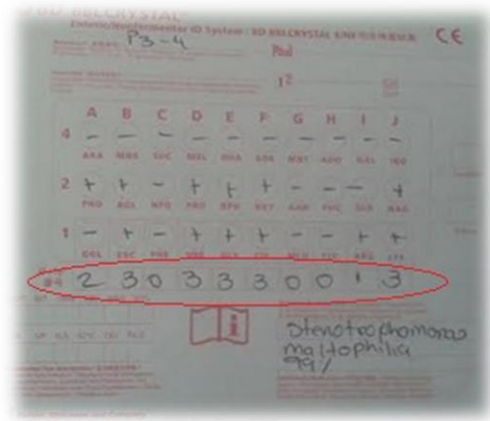
Ilustración 11. Ejemplo de codificación de perfil BBL Crystal

Ejemplo	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
4	+	+	-	-	+	+	+	-	+	-
2	-	+	+	+	-	+	-	+	+	-
1	+	-	+	-	+	-	-	+	+	-
Perfil	1	6	3	2	5	6	4	3	7	0

Fuente, Protocolo Sistemas de Identificación BBL Crystal ID, 2013

Este perfil se ingresó en el lector automático del BBL Crystal previamente instalado en un PC software Crystla Mindde identificación con las pruebas realizadas de manera independiente para cada caja de prueba bioquímica se obtienen los valores resultantes por cada especie documentados en el formato señalado con el color rojo en la Ilustración 14; estos se introdujeron en el sistema (software), en donde se estableció el porcentaje de confiabilidad para cada especie identificada.

Ilustración 12. Formato BBL Crystal



Fuente, Autora 2016

4.4.2. Identificación De Hongos Aislados

La identificación de los hongos aislados se basó principalmente en sus rangos estructurales u morfológicos, de igual forma para la identificación de los hongos aislados se determinó la presencia de características como: morfología de las hifas, presencia o ausencia de los septos, ramificaciones y tipos de esporas.

5. ANALISIS DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Salto del Tequendama, es uno de los puntos de interés turístico más importantes en Cundinamarca. Sin embargo se ha convertido en un foco de aspersión de contaminantes por las características fisicoquímicas y biológicas del Río Bogotá (Alcaldía Municipal San Antonio del Tequendama, 2000), ya que los comportamientos hidrológicos y microbiológicos están relacionados con el resalto hidráulico del Salto, el cual crea un fenómeno de lluvia horizontal, que se extiende por acción del viento en un fenómeno de dispersión de hongos y bacterias por un sector que contempla viviendas, cultivos y establecimientos de comercialización de alimentos, que podrían estar alterados y afectados por la carga contaminante contenida en el ambiente atmosférico, junto con el ataque de plagas y enfermedades. Estos son factores que han condicionado los rendimientos y la productividad de cualquier especie cultivada.

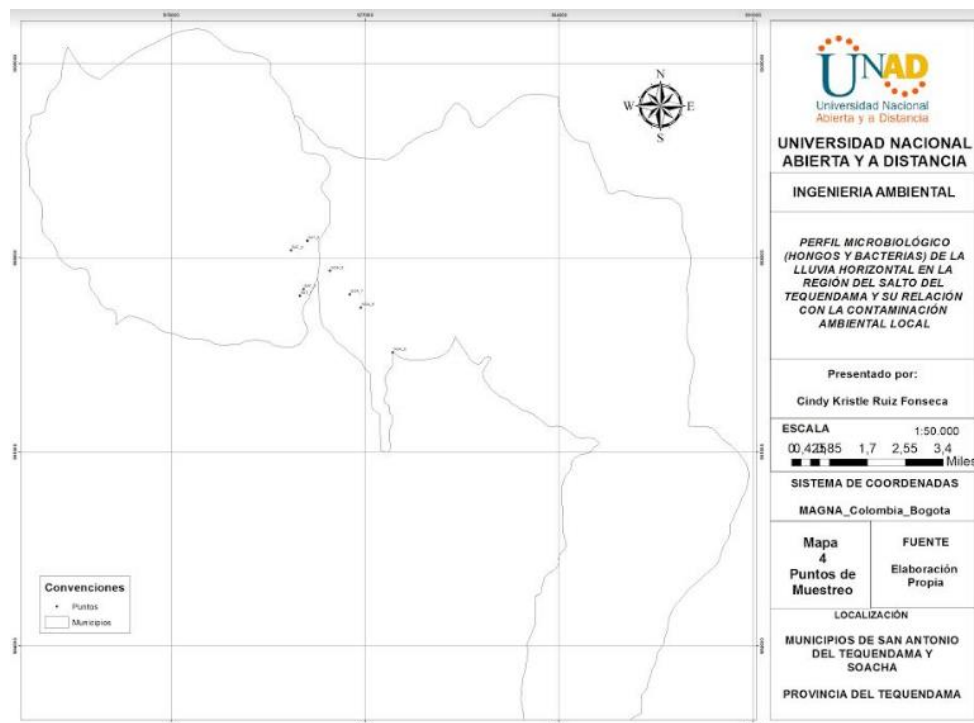
Los mecanismos que intervienen en los desplazamientos en un sistema son determinados por las entradas y salidas de flujos. Teniendo en cuenta que para el tema de estudio se presenta una entrada de flujo de agua contaminada cuando las compuertas de la hidroeléctrica se abren permitiendo el flujo de agua a la hidroeléctrica dependiendo de la necesidad energética del sistema

PERFIL MICROBIOLÓGICO SALTO DEL TEQUENDAMA33

interconectado nacional de distribución de energía eléctrica, ya que el caudal puede ser constante o interrumpido en el Salto del Tequendama cambiando las condiciones medioambientales del ecosistema y de la atmósfera debido a las masas de aire contaminadas, puede acelerar o frenar la dispersión vertical de contaminantes, la carga microbiana puede disminuirse al interrumpir el caudal y al alejarse del origen de la fuente contaminada (Mariano, 2002).

La toma de muestras en los 8 puntos de muestreo (Ilustración 13) se realizó teniendo en cuenta condiciones atmosféricas estables que incluyeron: ausencia de precipitaciones y vientos fuertes, radiación solar constante y humedad relativa baja, con las compuertas de agua del Río Bogotá abiertas permitiendo el flujo de agua hacia la hidroeléctrica del Salto del Tequendama.

Ilustración 13. Mapa de Puntos de Muestreo



Fuente, Autora 2016

Las esporas tienen la capacidad de dispersarse más fácilmente por acción del viento, así como sobrevivir a condiciones adversas (sin nutrientes ni agua) por periodos prolongados en el tiempo. Sin embargo, no es fácil establecer porcentualmente cuáles de ellos persisten o mueren en el aire, ya que también los factores medioambientales como la temperatura, humedad, precipitación y disponibilidad de materia orgánica son imprescindibles para la activación o inactivación de muchas especies microscópicas susceptibles a estas condiciones ambientales, por ejemplo algunas

especies de *Bacillus* y *Clostridium* en ambientes secos son capaces de sobrevivir hasta 200 años, algunas especies de *Mycobacterium* un mes y de *Salmonella* 10 minutos (Rosa & C., 2002).

La gran mayoría de las esporas se encuentran en la atmósfera en forma de bioaerosoles se pueden formar por acción de la lluvia y el viento añadiendo factores geográficos como la ubicación a cuerpos hídricos que hace que se presente por completo la difusión de contaminantes en la atmósfera (Mariano, 2002). Para el caso de estudio en particular las condiciones ambientales de la zona son favorables para el crecimiento y distribución de los microorganismos; como se presenta en el análisis de los factores meteorológicos a través de cartografía base sobre humedad relativa, temperatura y precipitación del área de influencia. Ver (Anexos) datos de las estaciones meteorológicas usadas.

5.1. Condiciones atmosféricas

5.1.1. Humedad Relativa

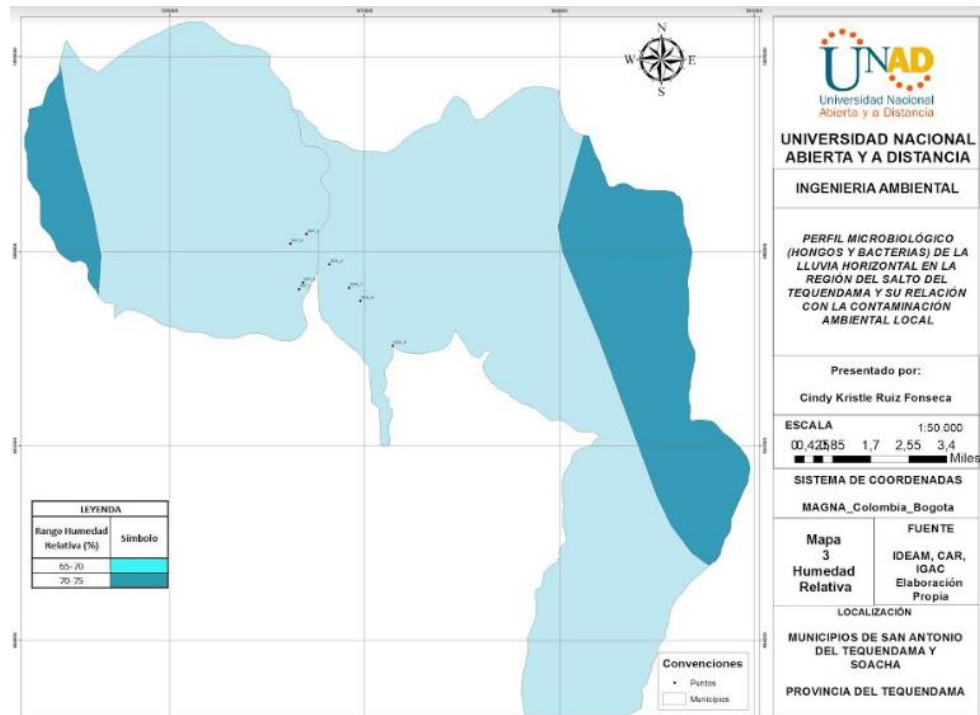
La humedad relativa entendida como la cantidad (%) de vapor de agua que tiene una masa de aire es factor de mayor importancia en la valoración de las condiciones ambientales de una zona determinada, ya que esta condición en el aire favorece la activación de hongos y bacterias cuando humedad relativa es mayor al 65%, cuando decrece la humedad relativa disminuye el agua disponible y se genera deshidratación y por lo tanto hay inactivación de muchos de ellos.

En gran porción del territorio de la zona de estudio (Veredas Cubsio y Charquito) se presentan valores de humedad relativa por encima del 65% como se puede validar en la cartografía realizada con los datos históricos de los últimos 10 años de las estaciones meteorológicas cercanas de la Corporación Autónoma Regional (CAR) donde se presentan registros porcentuales de 60 y 70 en el 90% del territorio y en un 10% del área valores porcentuales entre 70-75 en las partes altas del municipio de Soacha y en las bajas de San Antonio del Tequendama (Ilustración 16).

Es importante resaltar que por efecto de la lluvia, la humedad relativa aumenta en un 20%, por lo tanto las concentraciones de microorganismos de bioaerosoles tienden a aumentar (Ki Joon Heo, 2014).

Ilustración 14. Mapa de Humedad Relativa - Municipios Soacha- San Antonio del Tequendama

PERFIL MICROBIOLÓGICO SALTO DEL TEQUENDAMA35



Fuente, Autora 2016

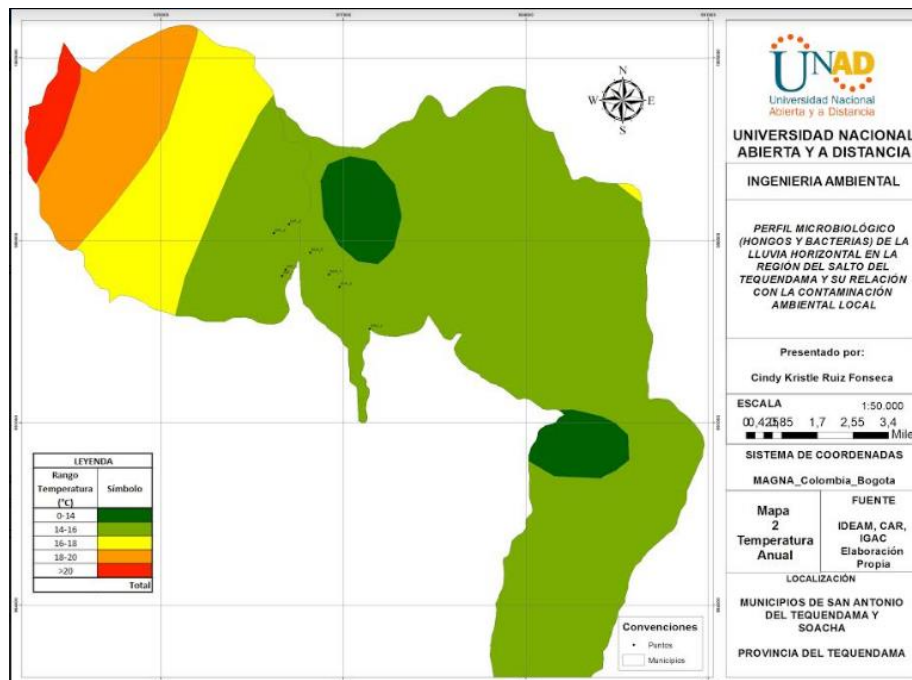
5.1.2. Temperatura

La temperatura atmosférica indica la cantidad de calor acumulado proveniente de los rayos del sol en el aire en un lugar y momento determinado. Este es un factor significativo para el desarrollo de la vida y la distribución de los seres vivos. La temperatura se encuentra estrechamente relacionada con la humedad relativa y con el crecimiento de microorganismos. A menor temperatura algunos microorganismos detienen el crecimiento y sus cantidades disminuyen, se ha reportado que algunos hongos son más susceptibles que las bacterias frente a esta condición. Los microorganismos mesófilos crecen óptimamente en temperaturas entre los 25 y 40°C, que es la temperatura de crecimiento de los patógenos humanos. Sin embargo, muchos se pueden reproducir por debajo de estas temperaturas como los microorganismos psicrófilos (Universidad de Navarra, 2016).

Los municipios de Soacha y San Antonio del Tequendama presentan temperaturas promedio de 14°C a 20°C, según datos históricos de los últimos 10 años de las estaciones meteorológicas cercanas de la CAR, como se puede observar en la cartografía asociada (Ilustración 17) en donde la mayor parte de Soacha presenta temperaturas de 14 a 16°C temperatura compartida con las veredas de las partes alta del Municipio de San Antonio como Cubsio, en la parte baja la temperatura oscila entre los 16 a 20°C en promedio lo que favorece el crecimiento de

microorganismo mesófilos como *Salmonella*, *E.coli*, *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Leucosporidium nivalis*, entre otros, los cuales pueden ver incrementado su velocidad de crecimiento con el aumento de la temperatura asociado con procesos de calentamiento global por contaminación atmosférica y efecto de los gases invernadero.

Ilustración 15. Mapa Temperatura Promedio Municipios de Sacha - San Antonio del Tequendama



Fuente, Autora 2016

5.1.3. Precipitación

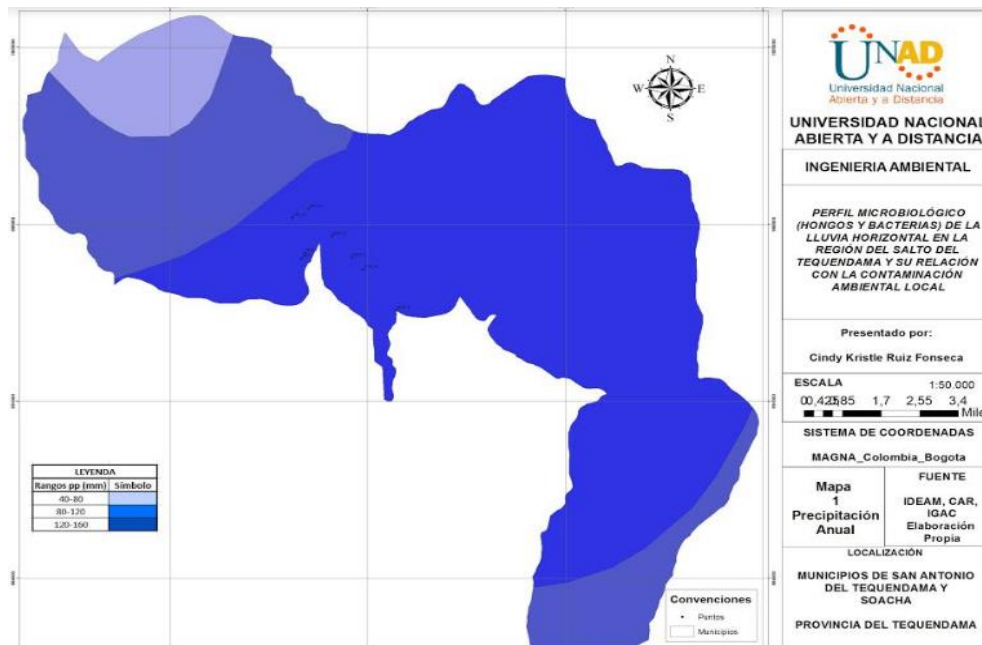
La lluvia presenta un factor de gran importancia en el lavado del aire termina el proceso de dispersión, la cual depende del radio de acción de la lluvia la velocidad y el tamaño de la gota se ha calculado que partículas de lluvia menores a 2 mm disminuye la concentración de contaminantes en menor tiempo mientras que partículas de 4 mm permanecen en el aire por más de 120 minutos (Rosa & C., 2002).

La precipitación histórica del área de influencia se encuentra en mayor proporción entre los 90 y 120 mm diarios, es decir que son de 90 a 120 litros por metro cuadrado al día (Ilustración 18). Esta condición ubica esta zona en la clasificación de Holdrydge (bh- MB) Bosque Húmedo Montano Bajo, con precipitaciones intensas desde el mes de Abril a Noviembre permitiendo por acción de la lluvia la dilución de los contaminantes de la fuente hídrica. Otro factor de importancia

es que el agua cae con gran fuerza y proyección por el resalto hidráulico del Salto del Tequendama cuyas partículas finas chocan y salpican de agua contaminada, intensificando la formación de las nieblas y brumas alcanzando un punto de Rocío que por acción del viento se dispersan hacia los puntos más lejanos del punto de emisión (Resalto Hidráulico).

Es bien conocido que partículas PM10 disminuyen con la lluvia, pero las partículas biológicas por el contrario aumentan pues muchos caen de las nubes a través de las gotas de lluvia, salpicando fuentes de agua y suelo. Finalmente la reducción de efectos de rayos ultravioleta por efecto del sol puede afectar las concentraciones de los aerosoles debido a la poca irradiación de UV durante los periodos de lluvia (Ki Joon Heo, 2014).

Ilustración 16 Mapa Precipitación Promedio Municipios de Sacha - San Antonio del Tequendama



Fuente, Autora 2016

5.2 Recuentos

Los recuentos en placa permiten determinar el número de células viables en una muestra. Una célula viable se define como la que es capaz de dividirse para dar lugar a descendencia, y la forma habitual de llevar a cabo un conteo de este tipo, es determinando el número de células capaces de

generar colonia sobre la superficie de un medio sólido. En la Tabla 2 se encuentran relacionados los valores de los resultados de laboratorio entregados por ANALQUIM LTDA.

Tabla 2. Informe de Resultados de Recuento de Unidades Formadoras de Colonia

SITIO	PUNTO DE MUESTREO	RESULTADOS DE LABORATORIO	
		UFC/placa	
		MESOFILOS AREOBIOS	HONGOS
Municipio San Antonio Del Tequendama	PUNTO # 1 Frente a Instalaciones De EMGESA	28	45
	PUNTO # 2 Cueva , Rivera Rio Bogotá	42	21
	PUNTO # 3 Puente Vehicular EMGESA	20	72
	PUNTO # 4 Casa Frente al Pulmón	24	23
Municipio – Soacha	PUNTO # 5 Museo Salto del Tequendama	277	82
	PUNTO # 6 Punto Blanco Bosque Renacer	1	0
	PUNTO # 7 Casa Entrada Bosque Renacer	16	24
	PUNTO # 8 Colegio Charquito	1	3

Fuente; ANALQUIM LTDA, 2015

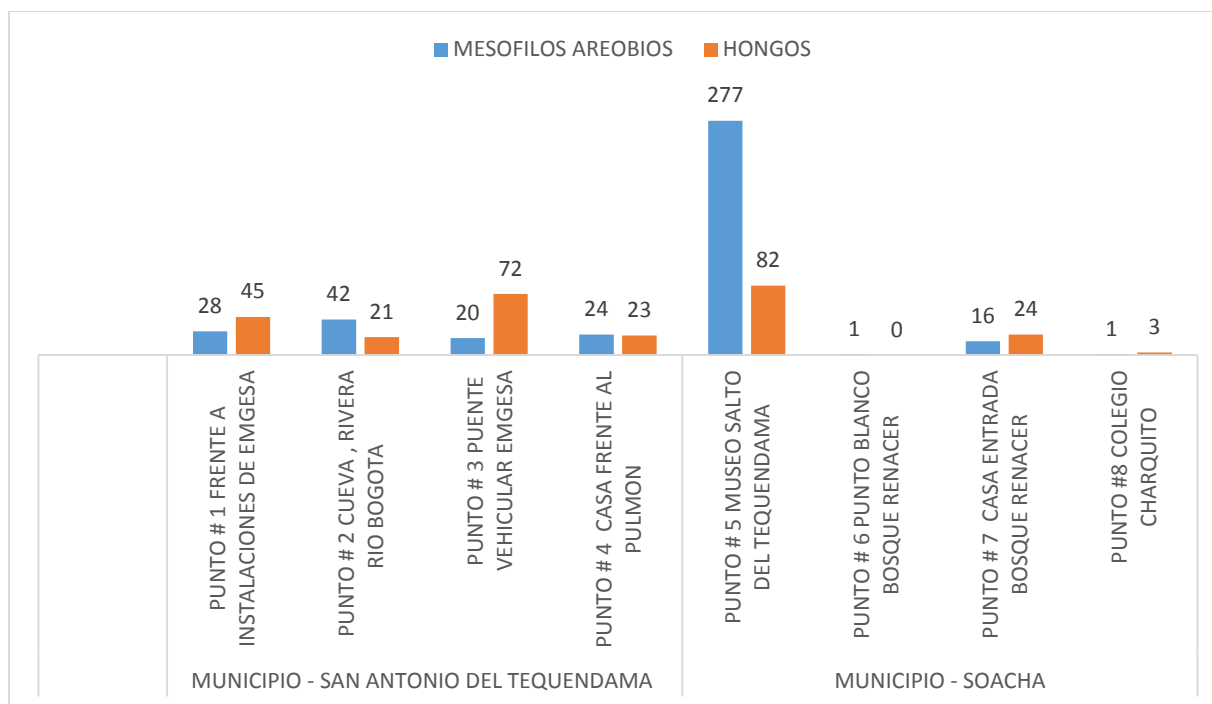
Según los resultados de las muestras analizadas por ANALQUIM indican que los puntos en donde se tomaron muestras más cercanas al Rio y en donde hay presencia de lluvia horizontal se presentaron la mayor cantidad de microorganismos, como es el caso del Punto 5 Ubicado en El Museo del Salto del Tequendama con 277 UFC/placa para organismos Mesófilos y 82 Hongos UFC/placa, lo que indica que pueden haberse dado condiciones favorables en la multiplicación de microorganismos presentando condiciones óptimas en la dispersión pues las compuertas del salto se encontraban abiertas en el momento de la toma de la muestra. Considerando que este es un sitio histórico y turístico, la venta de alimentos se encuentra presente en la zona con muy malas prácticas de manipulación coadyuvando en la multiplicación de enfermedades por alimentos ETA.

Como se observa en la Tabla 2, los puntos 1, 3 y 4 tomados en el municipio de San Antonio del Tequendama presentan datos similares en mesófilos, ya que no superan un recuento de 30

UFC/placa, así como el punto # 7 “Entrada casa Bosque Renacer” ubicado en el municipio de Soacha, esto se puede deber a que la toma de muestras se realizó a poca distancia del río, no mayor a 3 metros, en donde no se presentaban barrenas naturales ni artificiales que interfirieran con la dispersión de los contaminantes. El punto # 8 “Colegio Charquito” presenta un caso contrario, ya que los recuentos obtenidos fueron bajos (3 UFC/placa), lo que se puede relacionar a que el punto de muestreo se encuentra a una mayor distancia de la fuente y presenta barreras naturales como árboles y estructuras antrópicas como casas que hacen que choque el viento y no permita la dispersión con facilidad.

Como control para asegurar que las muestras tuviesen una correlación con la fuente contaminada se tomó un punto denominado como blanco # 6 en el Bosque Renacer que se estableció como punto de control ambiental debido a que se encuentra alejado a 0 metros de cualquier fuente que pueda reportar ambientes insanos o poco salubres, la cual presentó como resultado la casi nula presencia de microorganismos. En la Ilustración 17 se muestra la distribución de UFC correspondientes a los 8 puntos de muestreo para organismos mesófilos aerobios y hongos,

Ilustración 17. Distribución de UFC en los 8 Puntos de Muestreo



Fuente, Autora 2016

5.3 Caracterización Fenotípica e Identificación de las Cepas Aisladas

Para determinar el perfil microbiológico del aire de la lluvia horizontal del Salto del Tequendama, se empleó una técnica dependiente de cultivo, este tipo de estrategia de identificación se basa en el uso de medios selectivos para el crecimiento, aislamiento y enumeración de microorganismos (Keunje Yoo, 2016). A partir de estrategia empleada se lograron aislar 26 cepas bacterianas y 20 cepas de hongos. En la Tabla 3 se presente el número de bacterias y hongos aislados y su distribución para cada punto de muestreo:

Tabla 3 Relación De Cepas Aisladas Por Punto De Muestreo

SITIO DE MUESTREO	PUNTO DE MUESTREO	No. BACTERIAS	No. HONGOS
Municipio San Antonio Del Tequendama	PUNTO # 1 Frente a Instalaciones de EMGESA	3	2
	PUNTO # 2 Cueva, Rivera Rio Bogotá	3	2
	PUNTO # 3 Puente Vehicular EMGESA	5	1
	PUNTO # 4 Casa Frente al Pulmón	3	1
Municipio - Soacha	PUNTO # 5 Museo Salto del Tequendama	5	5
	PUNTO # 6 Punto Blanco Bosque Renacer	3	2
	PUNTO # 7 Casa Entrada Bosque Renacer	3	1
	PUNTO # 8 Colegio Charquito	1	1

Fuente, Autora 2016

En las Tablas 4 y 5 se presenta la caracterización fenotípica de las cepas de bacterias aisladas, así como en las tablas 6 y 7 para hongos

PERFIL MICROBILÓGICO SALTO DEL TEQUENDAMA41

Tabla 4. Caracterización Fenotípica de cepas Bacterianas Aisladas

SITIO DE MUESTREO	PUNTO DE MUESTREO	CODIGO CEPA	DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	MORFOLOGÍA	COLORACIÓN DE GRAM	PRESENCIA DE ESPORAS
MUNICIPIO SAN ANTONIO DEL TEQUENDAMA	PUNTO # 1 Frente Instalaciones EMGESA	P1-2	Colonia crema, circular, convexa y redonda. Diámetro 2 mm	Bacilos no móvil	Gram (-)	NO
		P1-3	Colonia amarilla, circular, plana, redonda. Diámetro 1mm	Cocos no móviles, se agrupan en racimos	Gram (+)	NO
		P1-4	Colonia salmón-amarilla, circular, plana y redonda. Diámetro 3mm	Bacilos largos, móviles	Gram (-)	NO
	PUNTO # 2 Cueva, Rivera Rio Bogotá	P2-1	Colonia rosa-oscuro, circular, plana y redonda. Diámetro 1 cm	Bacilos no móviles	Gram (-)	NO
		P2-2	Colonia beige-oscuro, irregular, plana y ondulada. Diámetro 4mm	Bacilos móviles	Gram (+)	SI
		P2-4	Colonia salmón, circular, plana y redonda. Diámetro 2 mm	Bacilos largos, móviles	Gram (-)	NO
	PUNTO # 3 Puente Vehicular EMGESA	P3-1	Colonia amarillo-claro, circular,, plana y redonda. Diámetro 1 cm	Bacilos no móviles	Gram (-)	NO
		P3-2	Colonia amarilla, circular, plana, redonda. Diámetro 1mm	Cocos no móviles, se agrupan en racimos	Gram (+)	NO
		P3-3	Colonia amarillo-claro, circular,, plana y redonda. Diámetro 1 mm	Bacilos no móviles	Gram (-)	NO
		P3-4	Colonia blanca, circular, plana y redonda. Diámetro 1 mm	Bacilos móviles	Gram (-)	NO
		P3-5	Colonia salmón, circular, plana y redonda. Diámetro 2 mm	Bacilos largos, móviles	Gram (-)	NO
	PUNTO # 4 Casa Frente al Pulmón	P4-1	Colonia salmón, circular, plana y redonda. Diámetro 2 mm	Bacilos largos, móviles	Gram (-)	NO
		P4-2	Colonia blanca, circular, plana y redonda. Diámetro 1 mm	Bacilos móviles	Gram (-)	NO
		P4-3	Colonia amarilla, circular, plana, redonda. Diámetro 2 mm	Cocos no móviles, se agrupan en racimos	Gram (+)	NO

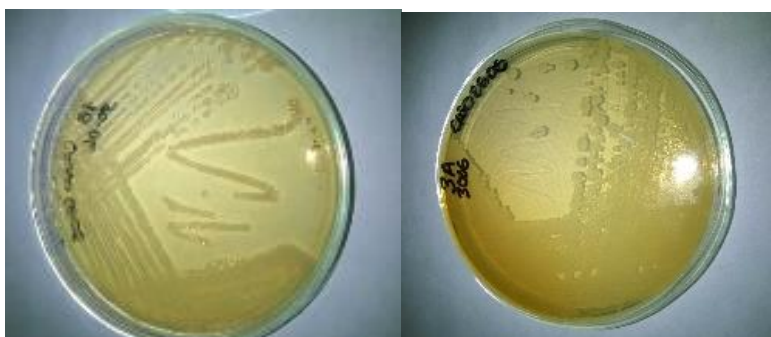
PERFIL MICROBIOLÓGICO SALTO DEL TEQUENDAMA42

MUNICIPIO - SOACHA	PUNTO # 5 Museo Salto del Tequendama	P5-1	Colonia amarilla, circular, plana, redonda. Diámetro 1.5 mm	Bacilos móviles	Gram (-)	NO
		P5-2	Colonia blanca, circular, plana y redonda. Diámetro 1 mm	Bacilos móviles	Gram (-)	NO
		P5-3	Colonia amarilla, irregular, plana y ondulada. Diámetro 2 mm	Bacilos móviles	Gram (+)	SI
		P5-4	Colonia salmón, circular, plana y redonda. Diámetro 1.2 mm	Bacilos largos, móviles	Gram (-)	NO
		P5-5	Colonia salmón, circular, plana y redonda. Diámetro 2 mm	Bacilos cortos no móviles	Gram (-)	NO
	PUNTO # 6 Punto Blanco Bosque Renacer	P6-1	Colonia blanca, irregular, acuminada y ondulada. Diámetro 4 mm	Bacilos móviles	Gram (+)	SI
		P6-2	Colonia blanca, circular, plana y redonda. Diámetro 1 mm	Bacilos móviles	Gram (-)	NO
		P6-3	Colonia amarilla, irregular, plana y ondulada. Diámetro 2 mm	Bacilos móviles	Gram (+)	SI
	PUNTO # 7 Casa Entrada Bosque Renacer	P7-1	Colonia blanca, circular, plana y redonda. Diámetro 1 mm	Bacilos móviles	Gram (-)	NO
		P7-2	Colonia blanca, circular, plana y redonda. Diámetro 1 mm	Bacilos móviles	Gram (-)	NO
		P7-3	Colonia amarilla, circular, plana y redonda. Diámetro 2mm	Cocos no móviles, se agrupan en racimos	Gram (+)	NO
		P8-2	Colonia blanca, circular, plana y redonda. Diámetro 1 mm	Bacilos no móviles	Gram (-)	NO

Fuente, Autora 2016

Teniendo en cuenta estos resultados se reportan 26 cepas, de las cuales 18 corresponden a bacterias Gram negativas y 8 a Gram positivas. La supervivencia de las bacterias es muy variable dependiendo del metabolismo de la especie; las bacterias Gram positivas son las más resistentes a condiciones adversas porque presentan una pared celular gruesa. Sin embargo, se ha reportado que las bacterias Gram negativas soportan condiciones de baja humedad relativa o de desecación (Rosa & C., 2002).

Ilustración 18. Cultivo de la bacteria identificada con el código P1-2



Fuente, Autora 2016

5.3.1 Identificación de Cepas Bacterianas Aisladas

Posterior a la validación microscopía y macroscópica de las bacterias aisladas, se realizó la identificación de las cepas con el *KIT BBL CRYSTAL* para cada punto de muestreo (Tabla 5).

Esta prueba permitió la identificación de la especie relacionada con las cepas bacterianas aisladas en este estudio, teniendo en cuenta que el nivel de confianza estadística debe estar por encima del 90% para cada cepa, en el desarrollo de actividad de identificación estadística el BBL presenta un valor superior en cada una de las cepas bacterianas encontradas.

En total se identifican 9 individuos diferentes que están distribuidos a lo largo del corredor ambiental muestreado. Los cuales se referencian en la (Tabla 5)

PERFIL MICROBIOLÓGICO SALTO DEL TEQUENDAMA44

Tabla 5. Identificación BBL de cepas Bacterianas Aisladas

SITIO MUESTREO	PUNTO MUESTREO	CÓDIGO CEPA	FILUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	ESPECIE RELACIONADA	% CONF.
MUNICIPIO - SAN ANTONIO DEL TEQUENDAMA	PUNTO # 1 Frente a Instalaciones EMGESA	P1-2	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Alteromonadales	Shewanellaceae	<i>Shewanellaputrefaciens</i>	92%
		P1-3	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Staphylococcaceae	<i>Staphylococcus</i> sp.	98%
		P1-4	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Caulobacterales	Caulobacteraceae	<i>Brevundimonas vesicularis</i>	91%
	PUNTO # 2 Cueva, Rivera Rio Bogotá	P2-1	Bacteroidetes	Flavobacteriia	Flavobacteriales	Flavobacteriaceae	<i>Weeksellia virosa</i>	97%
		P2-2	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	<i>Bacillus</i> sp.	99%
		P2-4	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Caulobacterales	Caulobacteraceae	<i>Brevundimonas vesicularis</i>	90%
	PUNTO # 3 Puente Vehicular EMGESA	P3-1	Bacteroidetes	Flavobacteriia	Flavobacteriales	Flavobacteriaceae	<i>Empedobacter brevis</i>	91%
		P3-2	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Staphylococcaceae	<i>Staphylococcus</i> sp.	98%
		P3-3	Bacteroidetes	Flavobacteriia	Flavobacteriales	Flavobacteriaceae	<i>Empedobacter brevis</i>	87%
		P3-4	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Xanthomonadales	Xanthomonadaceae	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	99%
		P3-5	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Caulobacterales	Caulobacteraceae	<i>Brevundimonas vesicularis</i>	96%
	PUNTO # 4 Casa Frente Al Pulmón	P4-1	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Caulobacterales	Caulobacteraceae	<i>Brevundimonas vesicularis</i>	92%
		P4-2	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Xanthomonadales	Xanthomonadaceae	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	99%
		P4-3	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Staphylococcaceae	<i>Staphylococcus</i> sp.	98%
MUNICIPIO - SOACHA	PUNTO # 5 Museo Salto Del Tequendama	P5-1	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Xanthomonadales	Xanthomonadaceae	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	96%
		P5-2	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Xanthomonadales	Xanthomonadaceae	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	99%
		P5-3	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	<i>Bacillus</i> sp.	99%

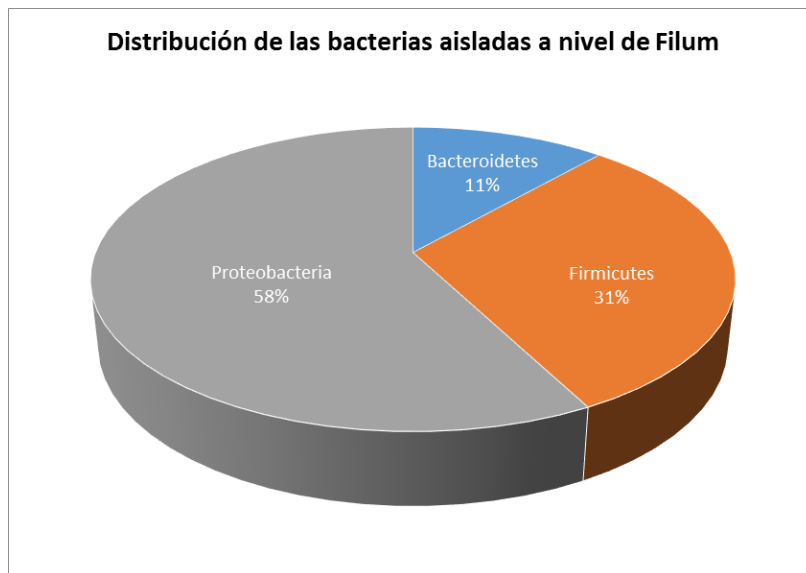
PERFIL MICROBIOLÓGICO SALTO DEL TEQUENDAMA45

		P5-4	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Caulobacterales	Caulobacteraceae	<i>Brevundimonas vesicularis</i>	91%
		P5-5	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Pseudomonadales	Moraxellaceae	<i>Acinetobacter lwoffii</i>	97%
	PUNTO # 6 Punto Blanco Bosque Renacer	P6-1	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	<i>Bacillus cereus</i>	97%
		P6-2	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Xanthomonadales	Xanthomonadaceae	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	99%
		P6-3	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Bacillaceae	<i>Bacillus</i> sp.	99%
	PUNTO # 7 Casa Entrada Bosque Renacer	P7-1	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Xanthomonadales	Xanthomonadaceae	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	99%
		P7-2	Proteobacteria	Gammaproteobacteria	Xanthomonadales	Xanthomonadaceae	<i>Stenotrophomonas maltophilia</i>	99%
		P7-3	Firmicutes	Bacilli	Bacillales	Staphylococcaceae	<i>Staphylococcus</i> sp.	98%
	PUNTO # 8 Colegio Charquito	P8-2	Proteobacteria	Alphaproteobacteria	Rhizobiales	Rhizobiaceae	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>	99%

Fuente, Autora 2016

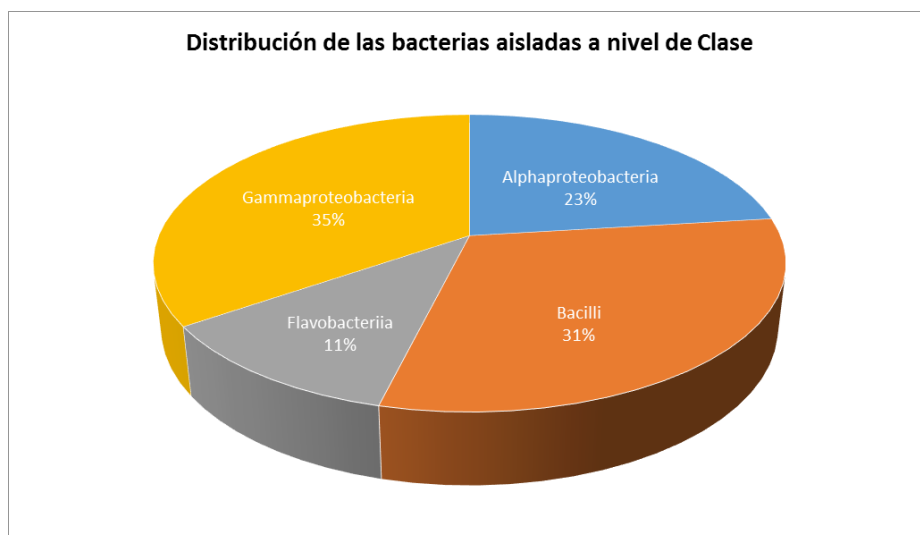
En la Tabla 5 se relacionan la distribución de las bacterias a nivel de Filum, Orden, Clase y Familia (Ilustración 20) en donde las proteobacterias presentan el mayor valor con un 58%, seguido de Firmicutes con 31% y Bacteroidetes con un 11 %

Ilustración 19. Distribución de Bacterias Aisladas a Nivel de Filum



Fuente Autora 2016

Ilustración 20. Distribución de las Bacterias a Nivel de Clase



Fuente Autora 2016

5.3.1.1 Bacterias Encontradas y Sus Efectos

El análisis microbiológico realizado a largo del corredor de la zona de muestreo, evidencio un grupo de microorganismos heterogéneos que tienen una amplia distribución en la naturaleza como *Shewanella putrefaciens*, *Staphylococcus* sp., *Brevundimonas vesicularis*, *Weeksella virosa*, *Bacillus* sp, *Empedobacter brevis*, *Stenotrophomonas maltophilia*, *Acinobacter lwoffii* y *Agrobacterium tumefaciens* las cuales con las causantes de muchas enfermedades reportadas a nivel mundial como endocarditis, bacteriuria asintomática, bacteremia e infecciones respiratorias, urinarias y de piel y tejidos blandos (del Toro et al. 2006, Sharma & Kalawat 2010).

Estudios realizados en unidades médicas universitarias en Francia, Estados Unidos y Taiwán, reportan diversos casos de personas que presentaron síntomas relacionados a meningitis las cuales se encontraron contaminadas con las bacterias como *Brevundimonas vesiculares*, *Empedobacter brevis* y *Bacillus* sp., ya que estas bacterias al ser oportunistas invadieron el sistema inmune de personas que presentaban alguna enfermedad anterior, como es el caso reportado por Hospital Universitario de Taiwán en donde un hombre de 24 años estadounidense fue infectado con *Brevundimonas vesiculares* durante un procedimiento médico, posterior a este presentó meningitis, endocarditis y afecciones gástricas (Mei, 2006). Por otro lado, un paciente con cáncer de 71 años y otro de 18 años quienes presentaron la enfermedad luego de ser infectados por *Bacillus* en un hospital en donde les trataban sus afecciones (Division Of Infectious Diseases, 2010).

De otra parte, también se encontraron en pacientes con síntomas similares como los casos reportados en Estados Unidos, en donde un paciente infectado con VIH que entro en contacto con la bacteria *Empedobacter brevis* sufrió de una grave infección gástrica y de meningitis (Ophthalmol, 2002).

En cuanto a la bacteria *Acinobacter lwoffii*, esta es un patógeno oportunista que puede causar gastritis crónica siendo muy resistente a antibióticos causando cáncer gástrico. Por otro lado, militares de Afganistán, en el tiempo de guerra para el 2003 y 2004, presentaron la bacteria en sus heridas lo que sugiere que la contaminación del medio ambiente es una fuente potencial de infecciones (Sivaprakash, 2003).

Las enfermedades de las vías respiratorias ocupan el tercer lugar con 13425 casos en el año 2012, comparado con el año 2009 1182 reporta un incremento de 142 casos. Lo que ha incrementado cada año pues las condiciones del clima cambian con gran rapidez.

Es importante señalar que dependiendo de la vía de ingreso de las bacterias estas atacan al cuerpo humano, como es el caso como de *Shewanella putrefaciens* y *Weeksella virosa* que atacan

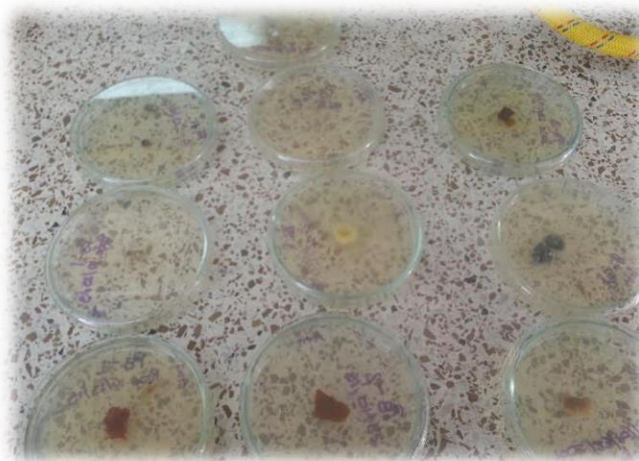
los tejidos blandos como ojos, oídos y piel. Como el caso reportado en India de un hombre de 24 años quien fue diagnosticado con la enfermedad endoftalmitis, la cual le causó inflamación, visión borrosa y sellado de la córnea. En el caso de *Weeksella virosa*, esta se encuentra normalmente en el tracto vaginal pero la verdadera causa de patogenicidad aún no ha sido identificada.

Finalmente, se logró identificar un microorganismo patógeno para plantas *Agrobacterium tumefaciens*, la cual vive en la materia orgánica del suelo y causa daños en las raíces de las plantas, ya que inhibe el flujo de nutrientes y agua en el tallo pues esta enfermedad desarrolla tumores en las raíces y tallos produciendo la muerte de la planta en poco tiempo (Escobar, 2003).

5.3.2 Identificación de cepas de Hongos Aislados

Se evaluó la morfología los hongos que crecieron en cada una de las cajas de Petri de los 8 puntos de muestreo obteniendo 20 colonias en total, es importante aclarar que muchos de los hongos presentaron morfologías macroscópicas similares (Tabla 6). Con el fin de evaluar las morfologías microscópicas por separado se realizó el pase de todos los hongos a cajas de Petri individuales que contenía Agar Sabouread (Ilustración 22). Las cepas de hongos aisladas se validaron microscópicamente a través de la coloración de Azul de Lactofenol identificando estructuras fúngicas. A través de claves dicotómicas se identificó el género relacionado a las cepas fúngicas aisladas (Tabla 7).

Ilustración 21. Siembra de Hongos por picadura con asa recta



Fuente, Autora 2016

Tabla 6 Caracterización Fenotípica de Hongos Aislados

				MORFOLOGÍA
--	--	--	--	------------

PERFIL MICROBIOLÓGICO SALTO DEL TEQUENDAMA49

SITIO DE MUESTREO	PUNTO DE MUESTREO	CODIGO CEPA	DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	
MUNICIPIO SAN ANTONIO DEL TEQUENDAMA	PUNTO # 1 Frente Instalaciones EMGESA	P1-1	Colonia blanca, algodonosa y ondulada. Diámetro 1 cm	ND
		P1-2	Colonia café oscuro, circular y redonda. Diámetro 2 mm	Conidios fusiformes-elipsoidal, las células centrales no mucho más oscuras y más amplias que las distales, hilio no protuberante, la germinación bipolar.
	PUNTO # 2 Cueva, Rivera Río Bogotá	P2-1	Colonia café oscuro, circular y redonda. Diámetro 7 mm	Conidios fusiformes-elipsoidal, las células centrales no mucho más oscuras y más amplias que las distales, hilio no protuberante, la germinación bipolar.
		P2-2	Colonia naranja, algodonosa y redonda. Diámetro 3 mm	ND
	PUNTO # 3 Puente Vehicular EMGESA	P3-1	Colonia blanca, algodonosa y circular. Diámetro 1 cm	ND
	PUNTO # 4 Casa Frente Al Pulmón	P4-1	Colonia café oscuro, circular y redonda. Diámetro 1 cm	Conidios fusiformes-elipsoidal, las células centrales no mucho más oscuras y más amplias que las distales, hilio no protuberante, la germinación bipolar.
		P4-2	Colonia centro blanco, borde azul y margen amarillos, circular y ondulada. Diámetro 1.1 cm	ND
		P4-3	Colonia roja, irregular, ondulada. Diámetro 1 cm	ND
MUNICIPIO - SOACHA	PUNTO # 5 MUSEO SALTO DEL TEQUENDAMA	P5-1	Colonia blanca, algodonosa y ondulada. Diámetro 1 cm	ND
		P5-2	Colonia café oscuro, circular y redonda. Diámetro 1 cm	Conidios fusiformes-elipsoidal, las células centrales no mucho más oscuras y más amplias que las distales, hilio no protuberante, la germinación bipolar.
		P5-3	Colonia blanca, algodonosa y ondulada. Diámetro 1 cm	ND
		P5-4	Colonia blanca, algodonosa y ondulada. Diámetro 1 cm	hifas ramificadas, tabicadas, hialinas, con conidios ovoides, que miden de 2 a 10 um de diámetro, desarrollados sobre conidióforos cortos

PERFIL MICROBIOLÓGICO SALTO DEL TEQUENDAMA50

		P5-5	Colonia café oscuro, circular y redonda. Diámetro 1 cm	Conidios fusiformes-elipsoidal, las células centrales no mucho más oscuras y más amplias que las distales, hilio no protuberante, la germinación bipolar.
	PUNTO # 6 Punto Blanco Bosque Renacer	P6-1	Colonia amarillo claro con elevación en el centro, circular y ondulada. Diámetro 1.5 cm	ND
		P6-2	Colonia café oscuro, circular y redonda. Diámetro 1 cm	Conidios fusiformes-elipsoidal, las células centrales no mucho más oscuras y más amplias que las distales, hilio no protuberante, la germinación bipolar.
		P6-3	Colonia blanca, algodonosa y ondulada. Diámetro 2 cm	
	PUNTO # 7 Casa Entrada Bosque Renacer	P7-1	Colonia roja con naranja y centro verde y filamentosa. Diámetro 1.5 cm	ND
		P7-2	Colonia naranja con blanco y filamentosa. Diámetro 1 cm	ND
		P7-3	Colonia café oscuro, circular y redonda. Diámetro 1 cm	Conidios fusiformes-elipsoidal, las células centrales no mucho más oscuras y más amplias que las distales, hilio no protuberante, la germinación bipolar.
	PUNTO # 8 Colegio Charquito	P8-1	Colonia blanca, algodonosa y ondulada. Diámetro 1 cm	

Fuente, Autora 2016

PERFIL MICROBIOLÓGICO SALTO DEL TEQUENDAMA51

Tabla 7. Identificación Fenotípica de Hongos

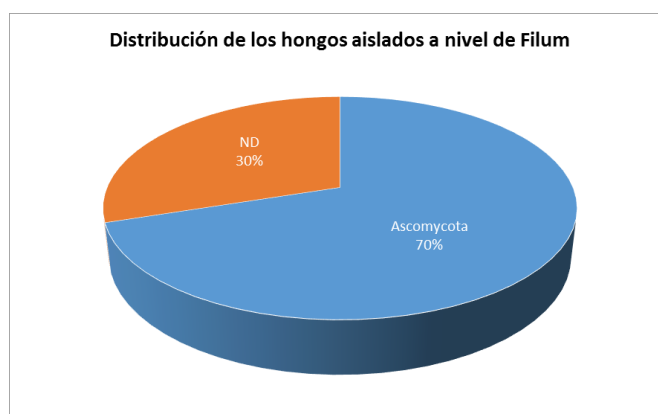
SITIO DE MUESTREO	PUNTO DE MUESTREO	CODIGO CEPA	FILUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO RELACIONADO
MUNICIPIO - SAN ANTONIO DEL TEQUENDAMA	PUNTO # 1 Frente A Instalaciones De EMGESA	P1-1	Ascomycota	Leotiomycetes	Helotiales	ND	<i>Varicosporium</i> sp.
		P1-2	Ascomycota	Dothideomycetes	Pleosporales	Pleosporaceae	<i>Bipolaris</i> sp.
	PUNTO # 2 Cueva , Rivera Rio Bogotá	P2-1	Ascomycota	Dothideomycetes	Pleosporales	Pleosporaceae	<i>Bipolaris</i> sp.
		P2-2	ND	ND	ND	ND	ND
	PUNTO # 3 Puente Vehicular EMGESA	P3-1	Ascomycota	Leotiomycetes	Helotiales	ND	<i>Varicosporium</i> sp.
	PUNTO # 4 Casa Frente Al Pulmón	P4-1	Ascomycota	Dothideomycetes	Pleosporales	Pleosporaceae	<i>Bipolaris</i> sp.
		P4-2	ND	ND	ND	ND	ND
		P4-3	ND	ND	ND	ND	ND
MUNICIPIO - SOACHA	PUNTO # 5 Museo Salto Del Tequendama	P5-1	Ascomycota	Leotiomycetes	Helotiales	ND	<i>Varicosporium</i> sp.
		P5-2	Ascomycota	Dothideomycetes	Pleosporales	Pleosporaceae	<i>Bipolaris</i> sp.
		P5-3	Ascomycota	Leotiomycetes	Helotiales	ND	<i>Varicosporium</i> sp.
		P5-4	Ascomycota	Eurotiomycetes	Onygenales	Ajellomycetaceae	<i>Blastomyces</i> sp.
		P5-5	Ascomycota	Dothideomycetes	Pleosporales	Pleosporaceae	<i>Bipolaris</i> sp.
	PUNTO # 6 Punto Blanco Bosque Renacer	P6-1	ND	ND	ND	ND	ND
		P6-2	Ascomycota	Dothideomycetes	Pleosporales	Pleosporaceae	<i>Bipolaris</i> sp.
		P6-3	Ascomycota	Leotiomycetes	Helotiales	ND	<i>Varicosporium</i> sp.
	PUNTO # 7 Casa Entrada Bosque Renacer	P7-1	ND	ND	ND	ND	ND
		P7-2	ND	ND	ND	ND	ND
		P7-3	Ascomycota	Dothideomycetes	Pleosporales	Pleosporaceae	<i>Bipolaris</i> sp.
	PUNTO #8 Colegio Charquito	P8-1	Ascomycota	Leotiomycetes	Helotiales	ND	<i>Varicosporium</i> sp.

En los datos relacionados en la Tabla 7, se observa que se presentan variaciones en las proporciones de cepas distribuidas a lo largo de los 8 puntos de muestreo. Estas diferencias se pueden atribuir a las condiciones irregulares de los lugares de muestreo pues unos presentan mayor cercanía a la fuente y mayor exposición a bioaerosoles; como es el caso del Punto # 5 Museo Salto del Tequendama donde hay mayor abundancia de esporas resistentes durante el periodo de muestreo, lo cual se puede relacionar a que en el momento de la toma de muestra se presentaba caída de agua en el resalto hidráulico, provocando una lluvia horizontal (bruma) que por la acción del viento arrastro las partículas en el plano vertical pues no se presentaban vientos fuertes de desplazamiento horizontal en el momento.

Los demás puntos muestreados, reportaron entre una y dos cepas de cepas de hongos aisladas, estas diferencias pueden atribuirse a que no se presentaron grandes variaciones topográficas ni climáticas lo que hizo que las cepas no se distribuyeran. Lo que determina que las esporas de hongos y conidios fueron abundantes en los bioaerosoles observados durante el muestreo en la zona directa de dispersión de contaminantes el (Salto del Tequendama).

En la Ilustración 23 se muestra la distribución de las cepas de hongos aisladas a nivel de Filum, se puede observar que un 70% de las cepas identificadas pertenecen al Filum Ascomycota, que es la división de filo más grande dentro del Reino Fungi pues existen en ambientes terrestres y acuáticos, siendo resistentes a condiciones extremas de temperatura y humedad relativa, pueden ser parásitos de animales y de humanos así como también atacar plantas.

Ilustración 22. Distribución de las Cepas de Hongos Aisladas a nivel de Filum



Fuente, Autora 2016

En la Ilustración 24 se presenta la distribución de los hongos aislados a nivel de género, en donde se observa que *Bipolaris* sp. (Ilustración 25) está presente en todos los puntos de muestreo, con un porcentaje de 50%, a excepción de los puntos # 8 y 3. Seguido se encuentra *Varicosporium* sp. (Ilustración 27), con el 43%, el cual no se presentó en el Puntos # 4 y 7. En una menor proporción se encuentra *Blastomyces* sp. (Ilustración 26), con un 7%, debido a que solo se presentó en el Punto # 5. La presencia de uno u otro tipo de microorganismo en un lugar determinado depende del origen, de la dirección e intensidad de las corrientes de aire y de la supervivencia de los microorganismos, por tal razón no se evidencia una distribución homogénea a lo largo del área muestreada.

Ilustración 23 Porcentaje de Abundancia fúngica



Fuente, Autora 2016

3.2.1 Hongos Encontrados y sus Efectos

A partir de la identificación realizada se determinó que tres géneros predominan en los puntos de muestreo analizados. Los géneros identificados están relacionados con hongos causantes de enfermedades humanas como es el caso de Feohifomicosis, una enfermedad de la piel en donde se forman nódulos y quistes, también es capaz de invadir tejidos internos incluso el cerebro, se produce cuando un material está contaminado con *Bipolaris* sp. Estas infecciones por hongos tienden a ser oportunistas en personas inmunodeprimidas, un caso registrado en la Universidad de Stanford en 1986 de una paciente de 34 años quien tenía un trasplante cardiaco y posterior meningitis presento nódulos subcutáneos los cuales fueron incubados en laboratorio revelando un espécimen fúngico de coloración marrón relacionado con la especie *Bipolaris* sp. que se extendía sobre los tejidos subcutáneos (MICHAEL R. MCGINNIS, 1986).

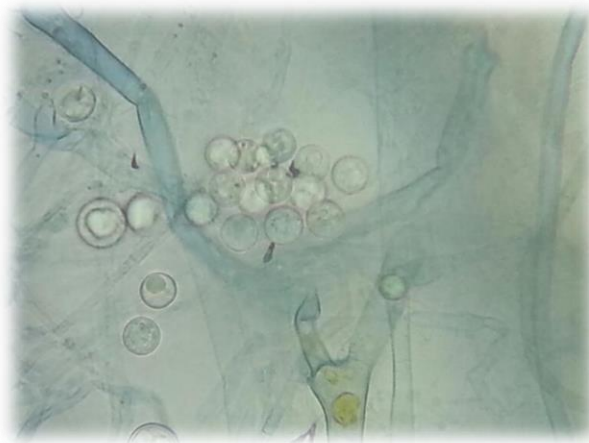
Ilustración 24. Estructura Microscópica Bipolaris sp.



Fuente, Autora 2016

No solo las afecciones de piel son unas de las enfermedades transmitidas por hongos también las enfermedades respiratorias son causados por cepas fúngicas como por la Blastomycosis respiratoria y dérmica producida por el hongo *Blastomyces* sp. dependiendo de la vía de ingreso al cuerpo humano puede ser inhalatoria, la más frecuente, o cutánea, la menos frecuente, se puede generar la enfermedad. Si la vía de ingreso es cutánea se producen abscesos, forúnculos y úlceras. La blastomycosis es una enfermedad que se puede prevenir y controlar poco, pues el hábitat del hongo no está definido. Sin embargo, se han presentado investigaciones como la realizada por la Oficina de Salud Comunitaria de Wisconsin en los años 80, que indican que en las riveras de los ríos pueden ser el hábitat natural y que el agua representa un sitio de transmisión de *B. dermatiditis*. (Kleir, 1987).

Ilustración 25. Estructura Microscópica Blastomyces sp.



Fuente, Autora 2016

La especie *Varicosporium* sp., hasta el momento ha sido referenciada como un patógeno de humanos, sin embargo estudios recientes informan que sus conidios se encuentran en zonas acuáticas.

Ilustración 26 Estructura Microscópica Varicosporiumsp



Fuente, Autora 2016

5.3 Situación Actual en Soacha y San Antonio del Tequendama

De acuerdo a las estadísticas realizadas por la Secretaria de salud de Soacha en el Documento de Análisis de Situación de Salud en el municipio de Soacha, la Morbilidad se presenta por condiciones transmisibles y nutricionales. En casos como el de primera infancia de 0-5 años, las infecciones respiratorias son las más frecuentes, siendo los años 2009 con 5589 y el 2012 con 6075, con tendencia al incremento de casos. La segunda causa de morbilidad son las infecciones parasitarias relacionadas con la Enfermedad Diarréica Aguda (EDA), en los años 2010 y 2011 se observa una disminución y los años 2009 y 2012 presentan el mayor número de casos, con una disminución en estos años de 291 casos en el año 2012.

En el grupo “Infancia de 6-11 años”, las enfermedades infecciosas y parasitarias presentan el mayor número de casos en el 2012, fueron reportados 1863 casos, con una disminución de 537 casos con respecto al año 2009. En cuanto al grupo, “Adolescencia (12-18)”, en este grupo de edad las infecciones respiratorias se presentaron con mayor frecuencia, en el año 2012 con 1587 casos con una diferencia de casos de 326. Por otro lado, en el grupo “Juventud” se observa que las enfermedades respiratorias ocuparon el primer lugar dentro de este grupo de enfermedades, con 3505 casos en el año 2012, observándose una disminución con respecto al año 2009 de 107 casos. La segunda causas fueron las enfermedades infecciosas y parasitarias, 3449 casos en el 2012 con un aumento de casos de 247 con respecto al año 2009. Finalmente en la Adultez: Las enfermedades respiratorias en este grupo de edad presentaron el mayor número de casos en el año 2012 y con un total de casos 6873 observándose un incremento de 1270 casos comparado con el año 2009. Las

infecciones parasitarias ocupan el segundo lugar con un incremento de 5477 para el año 2012 de 1122 comparado con el año 2009. (Alcaldía de Soacha, 2015).

De acuerdo a los datos suministrados por la Secretaria de Salud de Soacha, el agua, el aire y los alimentos contaminados son considerados los principales vehículos involucrados en la transmisión de bacterias y hongos asociados a las enfermedades. Estos datos reportados, son una pieza base en el rompecabezas de la situación sobre salud pública en el municipio de Soacha, los cuales muchos pueden estar relacionados con la exposición por bioaerosoles microbiológicos, y su cercanía a fuentes contaminadas, pues la exposición a fenómenos medioambientales fueron una de las causas más frecuentes de visita a los servicios médicos en relación con problemas respiratorios y enfermedades gástricas se refiere.

Desafortunadamente los datos no presentan un reporte selectivo por veredas en el municipio de Soacha lo cual sería de gran ayuda para evaluar los riesgos y las posibles enfermedades de los habitantes de la vereda el charquito. Por otra parte también es importante mencionar que la alcaldía municipal de San Antonio del Tequendama no facilitó información sobre datos de salud pública en la zona, pues no los tienen según manifestó la Secretaria de Salud del Municipio

5.4 Enfoque Disciplinario desde la Ingeniería Ambiental

Considerando que las temáticas ambientales en Colombia y en el mundo están tomando interés y relevancia en lo relacionado con la contaminación y la preservación de los recursos naturales y de la salud pública. Este estudio buscaba correlacionar la exposición a un sitio contaminado con el riesgo en la salud pública. Si bien la Ingeniería Ambiental presenta muchas ramas de investigación siento la necesidad de presentar una nueva mirada a los problemas medioambientales desde los riesgos potenciales que tienen las personas cuando se exponen a fuentes hídricas contaminadas con bioaerosoles.

Es común ver en las noticias que las personas se quejan sobre fenómenos respiratorios y alergias cuando tienen este tipo de exposiciones sin que esto tenga mayor eco en las autoridades del estado. Basada en esta situación y desde el enfoque de la Ingeniería Ambiental se busca proponer las medidas de manejo ambiental para la preservación, mitigación y control de impactos negativos identificados, lo cual contribuirá a mejorar los ecosistemas y cualquier forma de vida presente en ellos a través de técnicas de descontaminación de fuentes hídricas, recuperación de zonas afectadas, seguimiento, monitoreo y modelación de condiciones de riesgo ambiental etc.

A partir de los resultados obtenidos en este estudio se espera desarrollar investigaciones sobre el tema, para que se incluya en el ordenamiento territorial de cada municipio Soacha - San Antonio del Tequendama una zona de riesgo ambiental que permita desarrollar planes de reubicación de las personas que habitan cerca al Río y programas que permitan evaluar las condiciones de salud de los pobladores por la exposición para estar un paso delante de las enfermedades con el fin de mitigarlas desde el saneamiento ambiental.

Muchas han sido las investigaciones sobre agentes contaminantes del agua en el Río Bogotá y sus implicaciones en la Salud y los ecosistemas. Sin embargo a diferencia de estos, el campo de la contaminación del aire por microorganismos asociado a las fuentes hídricas y su impacto ambiental en manera general hasta la fecha no ha sido explorado. Es así como esta investigación es la primera de su tipo en Colombia para la región del Salto del Tequendama evidenciando la presencia de microorganismos potencialmente peligrosos para la salud pública de las zonas expuestas a fuentes hídricas contaminadas.

6. CONCLUSIONES

- Se aislaron 30 cepas bacterianas y 15 cepas de hongos de las muestras de lluvia horizontal de la vereda Charquito- San Antonio del Tequendama vereda Cubsio.
- Las bacterias identificadas estuvieron relacionados con las especies *Shewanella putrefaciens*, *Staphylococcus sp.*, *Brevundimonas vesicularis*, *Weeksella virosa* *Bacillus sp.*, *Empedobacter brevis*, *Stenotrophomona smaltophilia*, y *Acinotobacter lwoffii*. mientras que los hongos identificados estuvieron relacionados con los géneros *Varicosporium sp.*, *Blastomyces sp.* y *Bipolaris sp.* Las bacterias y hongos identificados pueden ser los causantes de afecciones de salud en lo relacionado a problemas respiratorios, dérmicos y gástricos reportados en la región del Salto de Tequendama.
- Se caracterizó el comportamiento de los fenómenos hidroclimáticos teniendo como base en los datos de estaciones meteorológicas de la CAR cercanas a la zona de estudio.
- Se determinó la relación entre los factores medio ambientales y fuentes contaminadas con la proliferación y dispersión de bioaerosoles con cargas microbiológicas patógenas.
- De acuerdo con la identificación de los microorganismos aislados e identificados, se identificó que estos son causantes de innumerables enfermedades que atacan a personas inmunodeprimidas principalmente, pues en su mayoría los microorganismos identificados son catalogados como oportunistas.

7. RECOMENDACIONES

- Evaluar el comportamiento de los microorganismos en época seca con el fin de determinar si la concentración de los microorganismos se ve afectada por las condiciones medio ambientales.
- Evaluar diferentes metodologías en la recolección de las muestras en campo, para así determinar cuál es la más precisa para estudios al aire libre.
- Profundizar en el análisis de las condiciones de salud pública de los pobladores de las zonas de estudio, para obtener datos exclusivos y confiables sobre la morbilidad y mortalidad de casos sobre exposición a bioarelosoles en la zona del Salto del Tequendama.
- Incrementar los mecanismos de protección y descontaminación del Rio Bogotá en las cuencas alta y media con el fin de mitigar los impactos generados a los pobladores de la cuenca baja; pues son ellos los más susceptibles a sufrir los impactos negativos sobre su calidad de vida y salud.
- Que las autoridades nacionales y municipales tomen los resultados de esta investigación con el fin de tomar las medidas sanitarias y ambientales que mitiguen la problemática ambiental y de salud pública de las zonas afectadas.
- Que las autoridades municipales y nacionales, implementen medidas para el manejo sanitario de alimentos de venta libre en las zonas cercanas al Rio Bogota, en especial en la zona del resalto hidráulico con el propósito de prevenir la contaminación cruzada por la ingesta de alimentos allí preparados.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Aaron J, P. (2016). Total Virus and Bacteria Concentrations in Indoor and Outdoor. *Environ Sci Technol Lett*, 84-88.
- Alcaldía Municipal San Antonio del Tequendama. (2000). Esquema de Ordenamiento Territorial. Análisis Ambiental. (1987). Método de Omeliansky. Análisis higiénico sanitario y ambiental. Métodos de ensayos microbiológicos. *Norma Ramal de la Pesca NRP-201. Ciudad de La Habana. Ministerio de la Industria Pesquera*. . La Habana, Cuba: Ministerio de la Industria Pesquera.
- BIBLIOTECA LUIS ANGEL ARANGO. (25 de JULIO de 2016). [/www.banrepcultural.org/](http://www.banrepcultural.org/). Obtenido de EXPOSICIONES PERMANENTES BLAA: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/exhibiciones/humboldt/diario/25.htm>
- Bovallius A., B. B. (1978). *Three-year investigation of the natural airborne bacterial flora at four locations in Sweden*. Appl. Environ. Microbiol.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2006). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del río Bogotá*. Bogotá: CAR.
- Cortés, M. d. (Abril - Junio de 2003). Importancia de los coliformes fecales como indicadores de contaminación en la Franja Litoral de Bahía de Banderas, Jalisco-Nayarit. *Medigraphic Literatura Biomédica*, 14(2), 121-123.
- Division Of Infectious Diseases, M. S. (2010). *Bacillus Cereus, a Volatile Human Patogen* . *CLINICAL MICROBIOLOGY REVIEWS*, 392-389.
- Elizabeth Minogue, N. L. (2015). Una metodología independiente cultivo rápido para detectar e identificar agentes patógenos bacterianos humanos comunes asociados con el agua contaminada de alta pureza cuantitativamente. *BMC Biotecnología*.
- Escobar, M. (2003). *Agrobacterium tumefaciens as an agent of disease*. *Trends in plant Science* vol 8.
- Fraser, D. W. (1977). *Legionnaires'disease. Description of an epidemic of pneumonia*. New England Journal of Medicine.
- FRASER, D. W., TSAI, R., T., & ORENSTEIN, W. e. (1997). *Legionnaires'disease. Description of an epidemic of pneumonia*. USA: New England Journal of Medicine.



- (FRASER, D. W.; TSAI, T. R.; ORENSTEIN, W. et al. (1977): «Legionnaires' disease. Description of an epidemic of pneumonia». New England Journal of Medicine,).
- Ganhrn, H. (2005). Shewanella algae and Shewanella putrefaciens: clinical and microbiological characteristics. *Clinic Microbiol Infect*, 347-352.
- González, C., Aristizábal, M., & Aristizábal, J. C. (2007). Dinámica Poblacional de Nematodos Fitopatógenos en Plátano (Musa AAB) Dominico Hartón. (U. d. Caldas, Ed.) *Agronomía*, 15(2), 25-32.
- González, G. R. (2012). *Microbiología del Agua Conceptos y Aplicaciones* (Vol. 1). (C. Salazar, Ed.) Bogotá, Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- González, M. S. (2011). Técnica de tinción De Estructuras fúngicas con colorantes vegetales Como una alternativa no contaminante. *BIOAGRO*, 23.
- Herrera, K. C. (2012). Impacto de la calidad microbiana del aire externo en el ambiente interno de 4 laboratorios de instituciones publicas en la ciudad de Guatemala . *Revista Tecnica y Cientifica*, 30-38.
- Jaenicke, R. (2005). Abundance of cellular material and proteins in the atmosphere. 308, 73. *Science* , 73.
- Karina Astorga-Quirós, C. Z.-V.-M. (2013). Aislamiento e identificación de patógenos de la especie silvestre de ajo. *Tecnología en Marcha vol 27*, 77-84.
- Keunje Yoo, T. K. (2016). : Approach of molecular methods for the detection and monitoring of microbial communities in bioaerosols: A review. *JOURNAL OF ENVIRONMENTAL SCIENCES* , 15.
- Ki Joon Heo, H. B. (2014). Concentration of environmental fungal and bacterial bioaerosols during the monsoon season. *Journal of Aerosol Science*, 31-37.
- Kleir, B. S. (1987). Dos brotes de blastomycosis largo de los ríos en Wisconsin: Aislamiento de Blastomyces dermatitidis de Ribera del suelo y Prueba de su transmisión a lo largo de Navegación . *Review Respir Dis.*, 1333-1338.
- Looney, W. J. (2003). Stenotrophomonas maltophilia: an emerging opportunist human pathogen. *Institute for Infectious, Diseases University of Bern*, 312-323.
- Looney, W. J. (2009). Stenotrophomonas maltophilia: an emerging opportunist human pathogen.
- Mariano, S. C. (2002). *Tratado de la contaminación atmosférica, problemas, tratamiento y gestión* . Madrid, España: Ediciones Mundo- Prensa.
- Mei, L. Y. (2006). Case Report: Infective endocarditis caused by Brucella melitensis. *BioMedCentral* , 2-5.
- Mendez, C. A. (2015). Identificación de bacterias y hongos en el aire de Neiva, Colombia. *Revista de Salud Pública*, 728-732.
- MICHAEL R. MCGINNIS, M. G. (1986). Emerging Agents of Phaeohyphomycosis: Pathogenic Species of Bipolaris and Exserohilum. *JOURNAL OF CLINICAL MICROBIOLOGY*, 250-259.
- Norpacific S.A. (2009). El Control Microbiológico del aire. Sao Paulo, Brasil: Faria Lima.

- Ophthalmol, G. A. (2002). Outbreak of *Empedobacter brevis* endophthalmitis after cataract extraction. *P, Janknecht*, 291-295.
- Organización Mundial de la Salud. (2006). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Ginebra, Suiza.
- pneumonia, L. D. (1997). *FRASER, D. W.; TSAI; T. R.; ORENSTEIN, W.* .EEUU: New England Journal of Medicine.
- prevention, C. f. (2004). *Acinetobacter baumannii* infections among patients at military medical facilities treating injured US service members. *MMWR*, 1063-1066.
- Rosa, D. L., & C., U. (2002). El aire: Hábitat y Medio de Transmisión de Microorganismos. *Observatorio Medio Ambiental*, 375-4002.
- Santamarta, J. &. (2010). *Fundamentos y Tecnología para la captación y uso del agua procedente de la lluvia horizontal en los montes canarios*. Madrid: Dialnet.
- Schemenauer, R., Cerecera, P., & Carvajal, N. (1987). *Measurements of fog water deposition and their relationships to terrain features* (Vol. 26). Journal of Climate and Applied Meteorology.
- Sivaprakash, R. (2003). *Acinetobacter Iwoffii* infection and Gastritis. *Microbes and Infection*, 651-657.
- Starr J. R., y. M. (1966). «*The capture of airborne particles by water drops and simulated snow crystals*»,.EE UU: Quartely Journal Review Meteorology Association.
- TRAXCO. (18 de Julio de 2012). *TRAXCO Componentes Sistemas de Riego Pivot*. Recuperado el 2012, de Noticias Agrícolas: <http://www.traxco.es/blog/noticias-agricolas/la-contaminacion-del-aire-afecta-a-la-agricultura>
- Universidad de Navarra. (9 de Septiembre de 2016). www.unavarra.es. Obtenido de <http://www.unavarra.es/genmic/microclinica/tema02.pdf>
- Vullo, D. L. (2003). Microorganismos y Metales Pesados: Una interacción en beneficio del Medio Ambiente. *Química Viva*, 2(003), 93-104.
- Walser, S. M. (2015). Evaluation of exposure–response relationships for health effects of microbial bioaerosol- a sistematic review. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 577-589.
- Wang H, M. D. (2004). *Detection of Campylobacter species in faecal samples by direct Gram stain microscopy*. Pathology .

ANEXOS


Anexo 1 Cadena De Custodia Punto # 1

PERFIL MICROBIOLÓGICO SALTO DEL TEQUENDAMA64


REGISTRO TECNICO DE CAMPO				
CADENA DE CUSTODIA				
1. UBICACIÓN (Lugar de muestreo)				
Municipio/ Vereda	SAN ANTONIO DEL TEQUENDAMA/ CUBSIO			
Sitio de muestreo	PUNTO # 1 FRENTE A INSTALACIONES DE EMSA			
2. INFORMACION DE LA MUESTRA				
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA N°	FECHA DE TOMA	HORA	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE MUESTREO
PUNTO # 1 FRENTE A INSTALACIONES DE EMSA	09/10/2015	10:30	AMBIENTES	PUNTUAL
3. INFORMACION IN- SITU POR MUESTRAS				
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA N°	PUNTO # 1 FRENTE A INSTALACIONES DE EMSA			
A. TIEMPO ATMOSFERICO	TIEMPO SECO			
B LLOVIÓ EL DIA ANTERIOR AL MUESTREO	NO			
C. SE PRESENTAN OLORES OFENSIVOS	SI			
D. HAY PRESENCIA DE VIVIENDAS EN LA EN LA ZONA	SI			
E. SE PRESENTAN EMISIONES ATMOSFERICAS EN LA ZONA	NO			
F. HAY FUENTES HIDRICAS CERCA	SI- RIO BOGOTA			
G. DIRECCION Y VELOCIDAD DEL VIENTO	NE			
OBSERVACIONES GENRALES				
El muestreo se realizó en frente a las instalaciones de emsa zona administrativa en donde confluyen gran cantidad de personas que entran en contacto con los vapores del Rio Bogotá.				
MUSTREADO POR:	CINDY K RUIZ FONSECA			
ILUSTRACION DEL SITIO DE MUESTREO				
				

Anexo 2 Cadena De Custodia Punto # 2


PERFIL MICROBILÓGICO SALTO DEL TEQUENDAMA65

REGISTRO TECNICO DE CAMPO					
CADENA DE CUSTODIA					
1. UBICACIÓN (Lugar de muestreo)					
Municipio/ Vereda	SAN ANTONIO DEL TEQUENDAMA/ CUBSIO				
Sitio de muestreo	PUNTO # 2 CUEVA , RIVERA RIO BOGOTA				
2. INFORMACION DE LA MUESTRA					
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA N°	FECHA DE TOMA	HORA	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE MUESTREO	
PUNTO # 2 CUEVA , RIVERA RIO BOGOTA	09/10/2015	11:00	AMBIENTES	PUNTUAL	
3. INFORMACION IN- SITU POR MUESTRAS					
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA N°	PUNTO # 2 CUEVA , RIVERA RIO BOGOTA				
A. TIEMPO ATMOSFERICO	TIEMPO SECO				
B LLOVIÓ EL DIA ANTERIOR AL MUESTREO	NO				
C. SE PRESENTAN OLORES OFENSIVOS	SI				
D. HAY PRESENCIA DE VIVIENDAS EN LA EN LA ZONA	NO				
E. SE PRESENTAN EMISIONES ATMOSFERICAS EN LA ZONA	NO				
F. HAY FUENTES HIDRICAS CERCA	SI- RIO BOGOTA				
G. DIRECCION Y VELOCIDAD DEL VIENTO	NE				
OBSERVACIONES GENRALES					
El muestreo se realizó en frente a la rivera del Río Bogotá , en una zona alejada de las viviendas					
MUSTREADO POR:	CINDY K RUIZ FONSECA				
ILUSTRACION DEL SITIO DE MUESTREO					
					

PERFIL MICROBIOLÓGICO SALTO DEL TEQUENDAMA66

REGISTRO TECNICO DE CAMPO				
CADENA DE CUSTODIA				
1. UBICACIÓN (Lugar de muestreo)				
Municipio/ Vereda	SAN ANTONIO DEL TEQUEDAMA/ CUBSIO			
Síto de muestreo	PUNTO # 3 PUENTE VEHICULAR EMSA			
2. INFORMACION DE LA MUESTRA				
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA N°	FECHA DE TOMA	HORA	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE MUESTREO
PUNTO # 3 PUENTE VEHICULAR EMSA	09/10/2015	11:30	AMBIENTES	PUNTUAL
3. INFORMACION IN- SITU POR MUESTRAS				
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA N°	PUNTO # 3 PUENTE VEHICULAR EMSA			
A. TIEMPO ATMOSFERICO	TIEMPO SECO			
B LLOVIÓ EL DIA ANTERIOR AL MUESTREO	NO			
C. SE PRESENTAN OLORES OFENSIVOS	SI			
D. HAY PRESENCIA DE VIVIENDAS EN LA EN LA ZONA	NO			
E. SE PRESENTAN EMISIONES ATMOSFERICAS EN LA ZONA	NO			
F. HAY FUENTES HIDRICAS CERCA	SI- RIO BOGOTA			
G. DIRECCION Y VELOCIDAD DEL VIENTO	NE			
OBSERVACIONES GENRALES				
El muestreo se realizó en frente al puente vehicular de EMSA rivera del Rió Bogotá zona donde confluyen los habitantes de la zona y los empleados de EMSA				
MUSTREADO POR:	CINDY K RUIZ FONSECA			
ILUSTRACION DEL SITIO DE MUESTREO				
				


PERFIL MICROBIOLÓGICO SALTO DEL TEQUENDAMA67

REGISTRO TECNICO DE CAMPO				
CADENA DE CUSTODIA				
1. UBICACIÓN (Lugar de muestreo)				
Municipio/ Vereda	SAN ANTONIO DEL TEQUENDAMA/ CUBSIO			
Sitio de muestreo	PUNTO # 4 CASA FRENTE AL PULMON			
2. INFORMACION DE LA MUESTRA				
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA N°	FECHA DE TOMA	HORA	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE MUESTREO
PUNTO # 4 CASA FRENTE AL PULMON	09/10/2015	12:00	AMBIENTES	PUNTUAL
3. INFORMACION IN- SITU POR MUESTRAS				
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA N°	PUNTO # 4 CASA FRENTE AL PULMON			
A. TIEMPO ATMOSFERICO	TIEMPO SECO			
B LLOVIÓ EL DIA ANTERIOR AL MUESTREO	NO			
C. SE PRESENTAN OLORES OFENSIVOS	SI			
D. HAY PRESENCIA DE VIVIENDAS EN LA EN LA ZONA	SI			
E. SE PRESENTAN EMISIONES ATMOSFERICAS EN LA ZONA	NO			
F. HAY FUENTES HIDRICAS CERCA	SI- RIO BOGOTA			
G. DIRECCION Y VELOCIDAD DEL VIENTO	NE			
OBSERVACIONES GENRALES				
El muestreo se realizó en frente a lavivienda la cual se encuentra en zona de influencia directa al pulmon de ecológico EMSA				
MUSTREADO POR:	CINDY K RUIZ FONSECA			
ILUSTRACION DEL SITIO DE MUESTREO				
				


PERFIL MICROBIOLÓGICO SALTO DEL TEQUENDAMA68

REGISTRO TECNICO DE CAMPO				
CADENA DE CUSTODIA				
1. UBICACIÓN (Lugar de muestreo)				
Municipio/ Vereda	SALTO DEL TEQUENDAMA SOACHA			
Sitio de muestreo	PUNTO # 5 MUSEO SALTO DEL TEQUENDAMA			
2. INFORMACION DE LA MUESTRA				
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA N°	FECHA DE TOMA	HORA	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE MUESTREO
PUNTO # 5 MUSEO SALTO DEL TEQUENDAMA	09/10/2015	12:30	AMBIENTES	PUNTUAL
3. INFORMACION IN- SITU POR MUESTRAS				
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA N°	PUNTO # 5 MUSEO SALTO DEL TEQUENDAMA			
A. TIEMPO ATMOSFERICO	TIEMPO SECO			
B. LLOVIÓ EL DIA ANTERIOR AL MUESTREO	NO			
C. SE PRESENTAN OLORES OFENSIVOS	SI			
D. HAY PRESENCIA DE VIVIENDAS EN LA ZONA	SI			
E. SE PRESENTAN EMISIONES ATMOSFERICAS EN LA ZONA	NO			
F. HAY FUENTES HIDRICAS CERCA	SI- RIO BOGOTA			
G. DIRECCION Y VELOCIDAD DEL VIENTO	NE			
OBSERVACIONES GENRALES				
El muestreo se realizó en frente al museo del Salto del Tequendama, en la zona de venta de alimentos				
MUSTREADO POR:	CINDY K RUIZ FONSECA - VIVIAN GONZALEZ			
ILUSTRACION DEL SITIO DE MUESTREO				
				

PERFIL MICROBIOLÓGICO SALTO DEL TEQUENDAMA69

REGISTRO TECNICO DE CAMPO				
CADENA DE CUSTODIA				
1. UBICACIÓN (Lugar de muestreo)				
Municipio/ Vereda	SALTO DEL TEQUENDAMA SOACHA			
Sitio de muestreo	PUNTO # 6 PUNTO BLANCO BOSQUE RENACER			
2. INFORMACION DE LA MUESTRA				
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA N°	FECHA DE TOMA	HORA	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE MUESTREO
PUNTO # 6 PUNTO BLANCO BOSQUE RENACER	09/10/2015	13:00	AMBIENTES	PUNTUAL
3. INFORMACION IN- SITU POR MUESTRAS				
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA N°	PUNTO # 6 PUNTO BLANCO BOSQUE RENACER			
A. TIEMPO ATMOSFERICO	TIEMPO SECO			
B LLOVIÓ EL DIA ANTERIOR AL MUESTREO	NO			
C. SE PRESENTAN OLORES OFENSIVOS	NO			
D. HAY PRESENCIA DE VIVIENDAS EN LA ZONA	NO			
E. SE PRESENTAN EMISIONES ATMOSFERICAS EN LA ZONA	NO			
F. HAY FUENTES HIDRICAS CERCA	SI- RIO BOGOTA			
G. DIRECCION Y VELOCIDAD DEL VIENTO	NE			
OBSERVACIONES GENRALES				
El muestreo se realizó en el parque Renace de EMSA - Punto blanco				
MUSTREADO POR:	CINDY K RUIZ FONSECA			
ILUSTRACION DEL SITIO DE MUESTREO				
				

PERFIL MICROBILÓGICO SALTO DEL TEQUENDAMA70

REGISTRO TECNICO DE CAMPO				
CADENA DE CUSTODIA				
1. UBICACIÓN (Lugar de muestreo)				
Municipio/ Vereda	SALTO DEL TEQUENDAMA SOACHA			
Sitio de muestreo	PUNTO # 7 CASA ENTRADA BOSQUE RENACER			
2. INFORMACION DE LA MUESTRA				
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA N°	FECHA DE TOMA	HORA	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE MUESTREO
PUNTO # 7 CASA ENTRADA BOSQUE RENACER	09/10/2015	13:30	AMBIENTES	PUNTUAL
3. INFORMACION IN- SITU POR MUESTRAS				
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA N°	PUNTO # 7 CASA ENTRADA BOSQUE RENACER			
A. TIEMPO ATMOSFERICO	TIEMPO SECO			
B LLOVIÓ EL DIA ANTERIOR AL MUESTREO	NO			
C. SE PRESENTAN OLORES OFENSIVOS	SI			
D. HAY PRESENCIA DE VIVIENDAS EN LA EN LA ZONA	SI			
E. SE PRESENTAN EMISIONES ATMOSFERICAS EN LA ZONA	NO			
F. HAY FUENTES HIDRICAS CERCA	SI- RIO BOGOTA			
G. DIRECCION Y VELOCIDAD DEL VIENTO	NE			
OBSERVACIONES GENRALES				
El muestreo se realizó en vivienda ubicada en la entrada el parque Renace de EMSA				
MUSTREADO POR:	VIVIAN GONZALEZ- CINDY RUIZ			
ILUSTRACION DEL SITIO DE MUESTREO				
				

PERFIL MICROBILÓGICO SALTO DEL TEQUENDAMA71

REGISTRO TECNICO DE CAMPO				
CADENA DE CUSTODIA				
1. UBICACIÓN (Lugar de muestreo)				
Municipio/ Vereda	SALTO DEL TEQUENDAMA SOACHA			
Sitio de muestreo	PUNTO #8 COLEGIO CHARQUITO			
2. INFORMACION DE LA MUESTRA				
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA N°	FECHA DE TOMA	HORA	TIPO DE MUESTRA	TIPO DE MUESTREO
PUNTO #8 COLEGIO CHARQUITO	09/10/2015	13:30	AMBIENTES	PUNTUAL
3. INFORMACION IN- SITU POR MUESTRAS				
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA N°	PUNTO #8 COLEGIO CHARQUITO			
A. TIEMPO ATMOSFERICO	TIEMPO SECO			
B LLOVIÓ EL DIA ANTERIOR AL MUESTREO	NO			
C. SE PRESENTAN OLORES OFENSIVOS	SI			
D. HAY PRESENCIA DE VIVIENDAS EN LA ZONA	SI			
E. SE PRESENTAN EMISIONES ATMOSFERICAS EN LA ZONA	SI			
F. HAY FUENTES HIDRICAS CERCA	SI- RIO BOGOTA			
G. DIRECCION Y VELOCIDAD DEL VIENTO	NE			
OBSERVACIONES GENERALES				
El muestreo se realizó en la zona del charquito- frente a la escuela y via principal soacha- mesitas				
MUSTREADO POR:	VIVIAN GONZALEZ- CINDY RUIZ			
ILUSTRACION DEL SITIO DE MUESTREO				
				